

明 細 書

液滴吐出装置

5 技術分野

本発明は、液滴吐出装置に関する。

背景技術

液滴吐出装置の一つであるインクジェット記録装置においては、装置が印
10 字を行わない状態で長時間放置されると、記録ヘッドの吐出孔を介したイン
クの溶媒（例えば水溶性インクの場合の水分）の蒸発によりインク粘度が増
加したり（以下「増粘インク」とも言う）、インク供給系での空気混入や元
々インクの中にあった微細気泡の成長によってインク中に比較的大きな気泡
15 が記録ヘッドの吐出孔に連通したインク流路等に生じると、再度電源を投入
し印刷を行っても、記録ヘッドにおける吐出が正常に行われなくなる。

このような原因による吐出不良に対して、インクジェット記録装置では、
例えば、記録ヘッドの吐出孔面を被覆してインクの増粘を防止するキャッピ
ング、このキャッピング状態で吐出孔からインクをポンプ等で吸引して増粘
20 インクを排出させるポンプ吸引、あるいはインク吸収体等で構成される所定
のインク受けにインクを吐出し増粘インクを排出するフラッシング等の回復
処理が行われる。

従来のインクジェット記録装置では、次に電源を投入した際には、前述の
回復処理を組み合わせた所定の回復動作を自動的に行うもの、あるいは操作
25 者が必要に応じて前述の回復動作を記録装置に指示し実行させていた。

しかしながら、上述の回復動作を自動で行うものにおいては、例えば、頻

繁に電源のオン、オフを繰り返すような装置の使われ方をする場合などには、放置時間が比較的短くなるため、必ずしも電源投入毎に回復動作を行わなくてもよいことも多く、このような場合、不必要にインクを消費してしまう問題がある。

5 一方、操作者の判断に応じて回復動作を行なう場合、いったんインク受容体（例えば紙）にテストパターンを吐出し、操作者が目視で吐出不良の有無を確認することとなるが、インク受容体が無駄になる問題があり、また、操作者に吐出不良に関する知識が必要となり、取り扱いが面倒となるという問題があった。

10 これらの課題を鑑み、インクの無駄な消費をできるだけ少なくし、かつ吐出不良を防ぐ方法として、インクジェット記録装置の電源を切った後に、再び電源を投入した時点までの経過時間に応じて、記録ヘッドの回復条件（フラッシング、ポンプ吸引）を変えて回復動作をおこなうものが提案されている（例えば、特開平6-122206号公報など）。

15 しかしながら、インクは、低温乾燥時は増粘し易く、逆に、高温湿潤時は増粘し難く、経過時間にもなう回復処理の必要量は、環境によって大きく異なるが、前記特許文献1に開示されている方法では、このような環境による影響を検出する手段を有していないため、安全を見込んだ回復処理に設定せざるを得ず、必要以上にインクを吐出することもあり、不経済である。

20 また、回復処理により、インク吐出に関わるノズルが全て正常に回復したか否かは、結局紙等への出力結果を操作者が目視で判断せざるを得ず、必ずしもユーザフレンドリーとは言えなかった。更に、計時手段が必須のため、構成要素が増え、コストアップの要因にもなる。

25 発明の開示

本発明の目的は、電源投入の際の液滴吐出ヘッドの回復処理において、容

易かつ確実に、適正な回復処理を行うことができる液滴吐出装置を提供することにある。

このような目的は、下記の本発明により達成される。

5 本発明の液滴吐出装置は、駆動回路により駆動されるアクチュエータと、
前記アクチュエータの駆動により変位する振動板とを有し、前記駆動回路によりアクチュエータを駆動し、キャビティ内の液体をノズルから液滴として吐出する複数の液滴吐出ヘッドを備える液滴吐出装置であって、

10 少なくとも電源投入の際、前記振動板の残留振動を検出し、該検出された前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常を検出するとともに、その吐出異常を解消させる回復処理を決定する吐出異常検出・回復処理決定手段と、

前記吐出異常検出・回復処理決定手段により決定された回復処理を実行する回復手段とを有することを特徴とする。

15 本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記駆動回路により液滴を吐出しない程度に前記アクチュエータを駆動した際の
前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常を検出するとともに、その吐出異常を解消させる回復処理を決定するのが好ましい。

20 本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常の原因を検出する機能を有するのが好ましい。

25 本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常が検出された場合、前記液滴吐出ヘッドに対し、その吐出異常の原因に応じて、前記吐出異常の原因を解消させる回復処理を決定するのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記回復手段は、前記液滴吐出ヘッドのノズ

ルが配列されるノズル面をワイパによりワイピング処理を行うワイピング手段と、前記アクチュエータを駆動して前記液滴吐出ヘッドのノズルから前記液滴を予備的に吐出するフラッシング処理を行うフラッシング手段と、前記液滴吐出ヘッドのノズル面を覆うキャップに接続するポンプによりポンプ吸引処理を行うポンピング手段とを含むのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常の原因が前記キャビティ内への気泡の混入と判定した場合には、その吐出異常を解消させる回復処理として、前記ポンプ吸引処理を選択するのが好ましい。

10 本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常の原因が前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定した場合には、その吐出異常を解消させる回復処理として、少なくとも前記ワイピング処理を選択するのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常の原因が前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定した場合には、その吐出異常を解消させる回復処理として、前記フラッシング処理又は前記ポンプ吸引処理を選択するのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常の原因が前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定した場合には、その吐出異常を解消させる回復処理として、前記フラッシング処理を選択するのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記フラッシング手段によるフラッシング処理を所定回行っても前記吐出異常が解消されない場合、その吐出異常を解消させる回復処理として、前記ポンプ吸引処理を選択するのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記ポンピング手段によるポンプ吸引処理を

所定回行っても前記吐出異常が解消されない場合、その情報を報知する報知手段を有するのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記振動板の残留振動の振動パターンは、前記残留振動の周期を含むのが好ましい。

- 5 本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記振動板の残留振動の周期が所定の範囲の周期よりも短いときには、前記キャビティ内に気泡が混入したものと判定し、前記振動板の残留振動の周期が所定の閾値よりも長いときには、前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定し、前記振動板の残留振動の周期が前記所定の範囲の周期よりも長く、前記所定の閾値よりも短いときには、前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定するのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、発振回路を備え、前記振動板の残留振動によって変化する静電容量成分に基づいて、該発振回路が発振するのが好ましい。

- 15 本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、発振回路を備え、前記振動板の残留振動によって変化する前記アクチュエータの静電容量成分に基づいて、該発振回路が発振するのが好ましい。

- 20 本発明の液滴吐出装置では、前記発振回路は、前記アクチュエータの静電容量成分と、前記アクチュエータに接続される抵抗素子の抵抗成分とによるC R 発振回路を構成するのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記発振回路の出力信号における発振周波数の変化に基づいて生成される所定の信号群により、前記振動板の残留振動の電圧波形を生成するF/V変換回路を含むのが好ましい。

- 25 本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記F/V変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形を所

定の波形に整形する波形整形回路を含むのが好ましい。

- 本発明の液滴吐出装置では、前記波形整形回路は、前記F/V変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形から直流成分を除去するDC成分除去手段と、このDC成分除去手段によって直流成分を除去された電圧波形と所定の電圧値とを比較する比較器とを含み、該比較器は、該電圧比較に基づいて、矩形波を生成して出力するのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記波形整形回路によって生成された前記矩形波から前記振動板の残留振動の周期を計測する計測手段を含むのが好ましい。

- 10 本発明の液滴吐出装置では、前記計測手段は、カウンタを有し、該カウンタが基準信号のパルスをカウントすることによって、前記矩形波の立ち上がりエッジ間あるいは立ち上がりエッジと立ち下がりエッジの間の時間を計測するのが好ましい。

- 本発明の液滴吐出装置では、前記アクチュエータは、静電式アクチュエータであるのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記アクチュエータは、圧電素子のピエゾ効果を利用した圧電アクチュエータであるのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記アクチュエータは、通電により発熱する発熱体を備える膜沸騰式アクチュエータであるのが好ましい。

- 20 本発明の液滴吐出装置では、前記振動板は、前記キャピティ内の圧力の変化に追従して弾性的に変形するのが好ましい。

本発明の液滴吐出装置では、前記吐出異常検出・回復処理決定手段によって検出された前記吐出異常の原因を検出対象の液滴吐出ヘッドと関連付けて記憶する記憶手段を備えるのが好ましい。

- 25 本発明の液滴吐出装置では、前記液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含むのが好ましい。

図面の簡単な説明

本発明の前述の並びに他の目的、特徴及び利点は、添付図面を参照して進められる本発明の好適実施形態の以下の詳細な記述から一層容易に明確になるであろう。

図 1 は、本発明の液滴吐出装置の一種であるインクジェットプリンタの構成を示す概略図である。

図 2 は、本発明のインクジェットプリンタの主要部を概略的に示すブロック図である。

10 図 3 は、図 1 に示すヘッドユニット（インクジェットヘッド）の概略的な断面図である。

図 4 は、図 3 のヘッドユニットの構成を示す分解斜視図である。

図 5 は、4 色インクを用いるヘッドユニットのノズルプレートのノズル配置パターンの一例である。

15 図 6 は、図 3 の III-III 断面の駆動信号入力時の各状態を示す状態図である。

図 7 は、図 3 の振動板の残留振動を想定した単振動の計算モデルを示す回路図である。

20 図 8 は、図 3 の振動板の残留振動の実験値と計算値との関係を示すグラフである。

図 9 は、図 3 のキャビティ内に気泡が混入した場合のノズル付近の概念図である。

図 10 は、キャビティへの気泡混入によりインク滴が吐出しなくなった状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

25 図 11 は、図 3 のノズル付近のインクが乾燥により固着した場合のノズル付近の概念図である。

図 1 2 は、ノズル付近のインクの乾燥増粘状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

図 1 3 は、図 3 のノズル出口付近に紙粉が付着した場合のノズル付近の概念図である。

5 図 1 4 は、ノズル出口に紙粉が付着した状態における残留振動の計算値及び実験値を示すグラフである。

図 1 5 は、ノズル付近に紙粉が付着した前後におけるノズルの状態を示す写真である。

図 1 6 は、図 3 に示す吐出異常検出手段の概略的なブロック図である。

10 図 1 7 は、図 3 の静電アクチュエータを平行平板コンデンサとした場合の概念図である。

図 1 8 は、図 3 の静電アクチュエータから構成されるコンデンサを含む発振回路の回路図である。

15 図 1 9 は、図 1 6 に示す吐出異常検出手段の F / V 変換回路の回路図である。

図 2 0 は、発振回路から出力する発振周波数に基づく各部の出力信号などのタイミングを示すタイミングチャートである。

図 2 1 は、固定時間 t_r 及び t_1 の設定方法を説明するための図である。

図 2 2 は、図 1 6 の波形整形回路の回路構成を示す回路図である。

20 図 2 3 は、駆動回路と検出回路との切替手段の概略を示すブロック図である。

図 2 4 は、吐出異常検出・判定処理を示すフローチャートである。

図 2 5 は、残留振動検出処理を示すフローチャートである。

図 2 6 は、吐出異常判定処理を示すフローチャートである。

25 図 2 7 は、複数のインクジェットヘッドの吐出異常検出のタイミングの一例（吐出異常検出手段が 1 つの場合）である。

図 2 8 は、複数のインクジェットヘッドの吐出異常検出のタイミングの一例（吐出異常検出手段の数がインクジェットヘッドの数と同じ場合）である。

5 図 2 9 は、複数のインクジェットヘッドの吐出異常検出のタイミングの一例（吐出異常検出手段の数がインクジェットヘッドの数と同じであり、印字データがあるときに吐出異常検出を行う場合）である。

図 3 0 は、複数のインクジェットヘッドの吐出異常検出のタイミングの一例（吐出異常検出手段の数がインクジェットヘッドの数と同じであり、各インクジェットヘッドを巡回して吐出異常検出を行う場合）である。

10 図 3 1 は、図 2 7 に示すインクジェットプリンタのフラッシング動作時における吐出異常検出のタイミングを示すフローチャートである。

図 3 2 は、図 2 8 及び図 2 9 に示すインクジェットプリンタのフラッシング動作時における吐出異常検出のタイミングを示すフローチャートである。

15 図 3 3 は、図 3 0 に示すインクジェットプリンタのフラッシング動作時における吐出異常検出のタイミングを示すフローチャートである。

図 3 4 は、図 2 8 及び図 2 9 に示すインクジェットプリンタの印字動作時における吐出異常検出のタイミングを示すフローチャートである。

図 3 5 は、図 3 0 に示すインクジェットプリンタの印字動作時における吐出異常検出のタイミングを示すフローチャートである。

20 図 3 6 は、図 1 に示すインクジェットプリンタの上部から見た概略的な構造（一部省略）を示す図である。

図 3 7 は、図 3 6 に示すワイパとヘッドユニットとの位置関係を示す図である。

25 図 3 8 は、ポンプ吸引処理時における、ヘッドユニットと、キャップ及びポンプとの関係を示す図である。

図 3 9 は、図 3 8 に示すチューブポンプの構成を示す概略図である。

図 4 0 は、本発明のインクジェットプリンタにおける吐出異常回復処理を示すフローチャートである。

図 4 1 は、本発明のインクジェットプリンタにおける電源投入時の処理を示すフローチャートである。

5 図 4 2 は、本発明のインクジェットプリンタにおける吐出異常判定処理を示すフローチャートである。

図 4 3 は、本発明のインクジェットプリンタにおける吐出異常回復処理を示すフローチャートである。

10 図 4 4 は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図 4 5 は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図 4 6 は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

15 図 4 7 は、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例の概略を示す断面図である。

図 4 8 は、本発明におけるヘッドユニットの他の構成例を示す斜視図である。

図 4 9 は、図 4 8 に示すヘッドユニットの概略的な断面図である。

20 図 5 0 は、4 色インクを用いるヘッドユニットのノズルプレートにおけるノズルの配置パターンの一例を示す平面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図 1 ～図 5 0 を参照して本発明の液滴吐出装置の好適な実施形態を
25 詳細に説明する。なお、この実施形態は例示として挙げるものであり、これにより本発明の内容を限定的に解釈すべきではない。なお、以下、本実施形

態では、本発明の液滴吐出装置の一例として、インク（液状材料）を吐出して記録用紙に画像をプリントするインクジェットプリンタを用いて説明する。

5 <第1実施形態>

図1は、本発明の第1実施形態における液滴吐出装置の一種であるインクジェットプリンタ1の構成を示す概略図である。なお、以下の説明では、図1中、上側を「上部」、下側を「下部」という。

ここで、本発明の要部（特徴）は、電源投入（電源ON）の際の処理であるが、本発明の理解を容易にするため、まずは、インクジェットプリンタ1の構成や動作（作用）を一通り説明し、その後、電源投入の際の処理について説明する。

図1に示すインクジェットプリンタ1は、装置本体2を備えており、上部後方に記録用紙Pを設置するトレイ21と、下部前方に記録用紙Pを排出する排紙口22と、上部面に操作パネル7とが設けられている。

操作パネル7は、例えば、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ、LEDランプ等で構成され、エラーメッセージ等を表示する表示部（表示手段）Mと、各種スイッチ等で構成される操作部（図示せず）とを備えている。この操作パネル7の表示部Mは、報知手段として機能する。

また、装置本体2の内部には、主に、往復動する印字手段（移動体）3を備える印刷装置（印刷手段）4と、記録用紙Pを印刷装置4に対し供給・排出する給紙装置（液滴受容物搬送手段）5と、印刷装置4及び給紙装置5を制御する制御部（制御手段）6とを有している。

制御部6の制御により、給紙装置5は、記録用紙Pを一枚ずつ間欠送りする。この記録用紙Pは、印字手段3の下部近傍を通過する。このとき、印字手段3が記録用紙Pの送り方向とほぼ直交する方向に往復移動して、記録用

紙 P への印刷が行なわれる。すなわち、印字手段 3 の往復動と記録用紙 P の間欠送りとが、印刷における主走査及び副走査となって、インクジェット方式の印刷が行なわれる。

- 印刷装置 4 は、印字手段 3 と、印字手段 3 を主走査方向に移動（往復動）
5 させる駆動源となるキャリッジモータ 4 1 と、キャリッジモータ 4 1 の回転を受けて、印字手段 3 を往復動させる往復動機構 4 2 とを備えている。

印字手段 3 は、複数のヘッドユニット 3 5 と、各ヘッドユニット 3 5 にインクを供給するインクカートリッジ（I/C） 3 1 と、各ヘッドユニット 3 5 及びインクカートリッジ 3 1 を搭載したキャリッジ 3 2 とを有している。

- 10 なお、インクカートリッジ 3 1 として、イエロー、シアン、マゼンタ、ブラック（黒）の 4 色のインクを充填したものを用いることにより、フルカラー印刷が可能となる。この場合、印字手段 3 には、各色にそれぞれ対応したヘッドユニット 3 5（この構成については、後に詳述する。）が設けられることになる。ここで、図 1 では、4 色のインクに対応した 4 つのインクカートリッジ 3 1 を示しているが、ヘッドユニット 3 5 は、その他の色、例えば
15 ライトシアン、ライトマゼンダ、ダークイエローなどのインクカートリッジ 3 1 をさらに備えるように構成されてもよい。

- 往復動機構 4 2 は、その両端をフレーム（図示せず）に支持されたキャリッジガイド軸 4 2 2 と、キャリッジガイド軸 4 2 2 と平行に延在するタイミングベルト 4 2 1 とを有している。
20

キャリッジ 3 2 は、往復動機構 4 2 のキャリッジガイド軸 4 2 2 に往復動自在に支持されるとともに、タイミングベルト 4 2 1 の一部に固定されている。

- キャリッジモータ 4 1 の作動により、プーリを介してタイミングベルト 4
25 2 1 を正逆走行させると、キャリッジガイド軸 4 2 2 に案内されて、印字手段 3 が往復動する。そして、この往復動の際に、印刷されるイメージデータ

(印刷データ)に対応して、ヘッドユニット35の各インクジェットヘッド100から適宜インク滴が吐出され、記録用紙Pへの印刷が行われる。

給紙装置5は、その駆動源となる給紙モータ51と、給紙モータ51の作動により回転する給紙ローラ52とを有している。

- 5 給紙ローラ52は、記録用紙Pの搬送経路(記録用紙P)を挟んで上下に対向する従動ローラ52aと駆動ローラ52bとで構成され、駆動ローラ52bは給紙モータ51に連結されている。これにより、給紙ローラ52は、トレイ21に設置した多数枚の記録用紙Pを、印刷装置4に向かって1枚ずつ送り込んだり印刷装置4から1枚ずつ排出したりようになっている。なお
- 10 、トレイ21に代えて、記録用紙Pを収容する給紙カセットを着脱自在に装着し得るような構成であってもよい。

- 制御部6は、例えば、パーソナルコンピュータ(PC)やデジタルカメラ(DC)等のホストコンピュータ8から入力された印刷データに基づいて、印刷装置4や給紙装置5等を制御することにより記録用紙Pに印刷処理を行うものである。また、制御部6は、操作パネル7の表示部Mにエラーメッ
- 15 セージ等を表示させ、あるいはLEDランプ等を点灯/点滅させるとともに、操作部から入力された各種スイッチの押下信号に基づいて、対応する処理を各部に実行させるものである。

- 図2は、本発明のインクジェットプリンタの主要部を概略的に示すブロック図である。この図2において、本発明のインクジェットプリンタ1は、ホ
- 20 ストコンピュータ8から入力された印刷データなどを受け取るインターフェース部(IF: Interface)9と、制御部6と、キャリッジモータ41と、キャリッジモータ41を駆動制御するキャリッジモータドライバ43と、給紙モータ51と、給紙モータ51を駆動制御する給紙モータドライバ53と
- 25 、ヘッドユニット35と、ヘッドユニット35を駆動制御するヘッドドライバ33と、吐出異常検出手段10と、回復手段24と、操作パネル7とを備

える。前記制御部 6 と前記吐出異常検出手段 10 とで、吐出異常検出・回復処理決定手段が構成される。なお、吐出異常検出手段 10、回復手段 24 及びヘッドドライバ 33 については、詳細を後述する。

この図 2 において、制御部 6 は、印刷処理や吐出異常検出処理などの各種
5 処理を実行する CPU (Central Processing Unit) 61 と、ホストコンピュータ 8 から IF 9 を介して入力される印刷データを図示しないデータ格納領域に格納する不揮発性半導体メモリの一種である EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) (記憶手段) 62 と、後述する吐出異常検出処理などを実行する際に各種データを一時的に格納し、
10 あるいは印刷処理などのアプリケーションプログラムを一時的に展開する RAM (Random Access Memory) 63 と、各部を制御する制御プログラム等を格納する不揮発性半導体メモリの一種である PROM 64 とを備えている。
なお、制御部 6 の各構成要素は、図示しないバスを介して電氣的に接続されている。

15 上述のように、印字手段 3 は、各色のインクに対応した複数のヘッドユニット 35 を備える。また、各ヘッドユニット 35 は、複数のノズル 110 と、これらの各ノズル 110 にそれぞれ対応する静電アクチュエータ 120 とを備える。すなわち、ヘッドユニット 35 は、1組のノズル 110 及び静電アクチュエータ 120 を有してなるインクジェットヘッド 100 (液滴吐出
20 ヘッド) を複数個備えた構成になっている。そして、ヘッドドライバ 33 は、各インクジェットヘッド 100 の静電アクチュエータ 120 を駆動して、インクの吐出タイミングを制御する駆動回路 18 と、切替手段 23 とから構成される (図 16 参照)。なお、静電アクチュエータ 120 の構成については後述する。

25 また、制御部 6 には、図示しないが、例えば、インクカートリッジ 31 のインク残量、ヘッドユニット 35 の位置、温度、湿度等の印刷環境等を検出

可能な各種センサが、それぞれ電氣的に接続されている。

制御部 6 は、I F 9 を介して、ホストコンピュータ 8 から印刷データを入力すると、その印刷データを E E P R O M 6 2 に格納する。そして、C P U 6 1 は、この印刷データに所定の処理を実行して、この処理データ及び各種
5 センサからの入力データに基づいて、各ドライバ 3 3、4 3、5 3 に駆動信号を出力する。各ドライバ 3 3、4 3、5 3 を介してこれらの駆動信号が入力されると、ヘッドユニット 3 5 の複数の静電アクチュエータ 1 2 0、印刷装置 4 のキャリッジモータ 4 1 及び給紙装置 5 がそれぞれ作動する。これにより、記録用紙 P に印刷処理が実行される。

10 次に、印字手段 3 内の各ヘッドユニット 3 5 の構造を説明する。図 3 は、図 1 に示すヘッドユニット 3 5 (インクジェットヘッド 1 0 0) の概略的な断面図であり、図 4 は、1 色のインクに対応するヘッドユニット 3 5 の概略的な構成を示す分解斜視図であり、図 5 は、図 3 及び図 4 に示すヘッドユニット 3 5 を適用した印字手段 3 のノズル面の一例を示す平面図である。なお
15 、図 3 及び図 4 は、通常使用される状態とは上下逆に示されている。

図 3 に示すように、ヘッドユニット 3 5 は、インク取り入れ口 1 3 1、ダンパ室 1 3 0 及びインク供給チューブ 3 1 1 を介して、インクカートリッジ 3 1 に接続されている。ここで、ダンパ室 1 3 0 は、ゴムからなるダンパ 1 3 2 を備えている。このダンパ室 1 3 0 により、キャリッジ 3 2 が往復走行
20 する際のインクの揺れ及びインク圧の変化を吸収することができ、これにより、ヘッドユニット 3 5 に所定量のインクを安定的に供給することができる。

また、ヘッドユニット 3 5 は、シリコン基板 1 4 0 を挟んで、上側に同じくシリコン製のノズルプレート 1 5 0 と、下側にシリコンと熱膨張率が近い
25 ホウ珪酸ガラス基板 (ガラス基板) 1 6 0 とがそれぞれ積層された 3 層構造をなしている。中央のシリコン基板 1 4 0 には、独立した複数のキャビティ

(圧力室) 141 (図4では、7つのキャビティを示す) と、1つのリザーバ (共通インク室) 143 と、このリザーバ143を各キャビティ141に連通させるインク供給口 (オリフィス) 142としてそれぞれ機能する溝が形成されている。各溝は、例えば、シリコン基板140の表面からエッチング処理を施すことにより形成することができる。このノズルプレート150と、シリコン基板140と、ガラス基板160とがこの順序で接合され、各キャビティ141、リザーバ143、各インク供給口142が区画形成されている。

これらのキャビティ141は、それぞれ短冊状 (直方体状) に形成されており、後述する振動板121の振動 (変位) によりその容積が可変であり、この容積変化によりノズル110からインク (液状材料) を吐出するよう構成されている。ノズルプレート150には、各キャビティ141の先端側の部分に対応する位置に、ノズル110が形成されており、これらが各キャビティ141に連通している。また、リザーバ143が位置しているガラス基板160の部分には、リザーバ143に連通するインク取入れ口131が形成されている。インクは、インクカートリッジ31からインク供給チューブ311、ダンパ室130を経てインク取入れ口131を通り、リザーバ143に供給される。リザーバ143に供給されたインクは、各インク供給口142を通過して、独立した各キャビティ141に供給される。なお、各キャビティ141は、ノズルプレート150と、側壁 (隔壁) 144と、底壁121とによって、区画形成されている。

独立した各キャビティ141は、その底壁121が薄肉に形成されており、底壁121は、その面外方向 (厚さ方向)、すなわち、図3において上下方向に弾性変形 (弾性変位) 可能な振動板 (ダイヤフラム) として機能するように構成されている。したがって、この底壁121の部分を、以後の説明の都合上、振動板121と称して説明することもある (すなわち、以下、「

底壁」と「振動板」のいずれにも符号 1 2 1 を用いる）。

ガラス基板 1 6 0 のシリコン基板 1 4 0 側の表面には、シリコン基板 1 4 0 の各キャビティ 1 4 1 に対応した位置に、それぞれ、浅い凹部 1 6 1 が形成されている。したがって、各キャビティ 1 4 1 の底壁 1 2 1 は、凹部 1 6 1 が形成されたガラス基板 1 6 0 の対向壁 1 6 2 の表面に、所定の間隙を介して対峙している。すなわち、キャビティ 1 4 1 の底壁 1 2 1 と後述するセグメント電極 1 2 2 の間には、所定の厚さ（例えば、0.2 ミクロン程度）の空隙が存在する。なお、前記凹部 1 6 1 は、例えば、エッチングなどで形成することができる。

ここで、各キャビティ 1 4 1 の底壁（振動板） 1 2 1 は、ヘッドドライバ 3 3 から供給される駆動信号によってそれぞれ電荷を蓄えるための各キャビティ 1 4 1 側の共通電極 1 2 4 の一部を構成している。すなわち、各キャビティ 1 4 1 の振動板 1 2 1 は、それぞれ、後述する対応する静電アクチュエータ 1 2 0 の対向電極（コンデンサの対向電極）の一方を兼ねている。そして、ガラス基板 1 6 0 の凹部 1 6 1 の表面には、各キャビティ 1 4 1 の底壁 1 2 1 に対峙するように、それぞれ、共通電極 1 2 4 に対向する電極であるセグメント電極 1 2 2 が形成されている。また、図 3 に示すように、各キャビティ 1 4 1 の底壁 1 2 1 の表面は、シリコンの酸化膜（ SiO_2 ）からなる絶縁層 1 2 3 により覆われている。このように、各キャビティ 1 4 1 の底壁 1 2 1、すなわち、振動板 1 2 1 と、それに対応する各セグメント電極 1 2 2 とは、キャビティ 1 4 1 の底壁 1 2 1 の図 3 中下側の表面に形成された絶縁層 1 2 3 と凹部 1 6 1 内の空隙とを介し、対向電極（コンデンサの対向電極）を形成（構成）している。したがって、振動板 1 2 1 と、セグメント電極 1 2 2 と、これらの間の絶縁層 1 2 3 及び空隙とにより、静電アクチュエータ 1 2 0 の主要部が構成される。

図 3 に示すように、これらの対向電極の間に駆動電圧を印加するための駆

動回路 18 を含むヘッドドライバ 33 は、制御部 6 から入力される印字信号（印字データ）に応じて、これらの対向電極間の充放電を行う。ヘッドドライバ（電圧印加手段）33 の一方の出力端子は、個々のセグメント電極 122 に接続され、他方の出力端子は、シリコン基板 140 に形成された共通電極 124 の入力端子 124a に接続されている。なお、シリコン基板 140 には不純物が注入されており、それ自体が導電性をもつために、この共通電極 124 の入力端子 124a から底壁 121 の共通電極 124 に電圧を供給することができる。また、例えば、シリコン基板 140 の一方の面に金や銅などの導電性材料の薄膜を形成してもよい。これにより、低い電気抵抗で（効率良く）共通電極 124 に電圧（電荷）を供給することができる。この薄膜は、例えば、蒸着あるいはスパッタリング等によって形成すればよい。ここで、本実施形態では、例えば、シリコン基板 140 とガラス基板 160 とを陽極接合によって結合（接合）させるので、その陽極結合において電極として用いる導電膜をシリコン基板 140 の流路形成面側（図 3 に示すシリコン基板 140 の上部側）に形成している。そして、この導電膜をそのまま共通電極 124 の入力端子 124a として用いる。なお、本発明では、例えば、共通電極 124 の入力端子 124a を省略してもよく、また、シリコン基板 140 とガラス基板 160 との接合方法は、陽極接合に限定されない。

図 4 に示すように、ヘッドユニット 35 は、複数のノズル 110 が形成されたノズルプレート 150 と、複数のキャビティ 141、複数のインク供給口 142、1 つのリザーバ 143 が形成されたシリコン基板（インク室基板）140 と、絶縁層 123 とを備え、これらがガラス基板 160 を含む基体 170 に収納されている。基体 170 は、例えば、各種樹脂材料、各種金属材料等で構成されており、この基体 170 にシリコン基板 140 が固定、支持されている。

なお、ノズルプレート 150 に形成されたノズル 110 は、図 4 では簡潔

に示すためにリザーバ 1 4 3 に対して略並行に直線的に配列されているが、ノズルの配列パターンはこの構成に限らず、通常は、例えば、図 5 に示すノズル配置パターンのように、段をずらして配置される。また、このノズル 1 1 0 間のピッチは、印刷解像度 (dpi) に応じて適宜設定され得るものである。なお、図 5 では、4 色のインク (インクカートリッジ 3 1) を適用した場合におけるノズル 1 1 0 の配置パターンを示している。

図 6 は、図 3 の III-III 断面の駆動信号入力時の各状態を示す。ヘッドドライバ 3 3 から対向電極間に駆動電圧が印加されると、対向電極間にクーロン力が発生し、底壁 (振動板) 1 2 1 は、初期状態 (図 6 (a)) に対して、セグメント電極 1 2 2 側へ撓み、キャビティ 1 4 1 の容積が拡大する (図 6 (b))。この状態において、ヘッドドライバ 3 3 の制御により、対向電極間の電荷を急激に放電させると、振動板 1 2 1 は、その弾性復元力によって図中上方に復元し、初期状態における振動板 1 2 1 の位置を越えて上部に移動し、キャビティ 1 4 1 の容積が急激に収縮する (図 6 (c))。このときキャビティ 1 4 1 内に発生する圧縮圧力により、キャビティ 1 4 1 を満たすインク (液状材料) の一部が、このキャビティ 1 4 1 に連通しているノズル 1 1 0 からインク滴として吐出される。

各キャビティ 1 4 1 の振動板 1 2 1 は、この一連の動作 (ヘッドドライバ 3 3 の駆動信号によるインク吐出動作) により、次の駆動信号 (駆動電圧) が入力されて再びインク滴を吐出するまでの間、減衰振動をしている。以下、この減衰振動を残留振動とも称する。振動板 1 2 1 の残留振動は、ノズル 1 1 0 やインク供給口 1 4 2 の形状、あるいはインク粘度等による音響抵抗 r と、流路内のインク重量によるイナータンス m と、振動板 1 2 1 のコンプライアンス C_m とによって決定される固有振動周波数を有するものと想定される。

上記想定に基づく振動板 1 2 1 の残留振動の計算モデルについて説明する

。図 7 は、振動板 1 2 1 の残留振動を想定した単振動の計算モデルを示す回路図である。このように、振動板 1 2 1 の残留振動の計算モデルは、音圧 P と、上述のイナータンス m 、コンプライアンス C_m 及び音響抵抗 r とで表せる。そして、図 7 の回路に音圧 P を与えた時のステップ応答を体積速度 u について計算すると、次式が得られる。

【数 1】

$$u = \frac{P}{\omega \cdot m} e^{-\alpha t} \cdot \sin \omega t \quad (1)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{m \cdot C_m} - \alpha^2} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{r}{2m} \quad (3)$$

この式から得られた計算結果と、別途行ったインク滴の吐出後の振動板 1 2 1 の残留振動の実験における実験結果とを比較する。図 8 は、振動板 1 2 1 の残留振動の実験値と計算値との関係を示すグラフである。この図 8 に示すグラフからも分かるように、実験値と計算値の 2 つの波形は、概ね一致している。

さて、ヘッドユニット 3 5 の各インクジェットヘッド 1 0 0 では、前述したような吐出動作を行ったにもかかわらずノズル 1 1 0 からインク滴が正常に吐出されない現象、すなわち液滴の吐出異常（ヘッド異常）が発生する場合がある。この吐出異常が発生する原因としては、後述するように、（1）キャビティ 1 4 1 内への気泡の混入、（2）ノズル 1 1 0 付近でのインクの乾燥・増粘（固着）、（3）ノズル 1 1 0 出口付近への紙粉付着、等が挙げられる。

この吐出異常が発生すると、その結果としては、典型的にはノズル 1 1 0

から液滴が吐出されないこと、すなわち液滴の不吐出現象が現れ、その場合、記録用紙Pに印刷（描画）した画像における画素のドット抜けを生じる。また、吐出異常の場合には、ノズル110から液滴が吐出されたとしても、液滴の量が過少であったり、その液滴の飛行方向（弾道）がずれたりして適正に着弾しないので、やはり画素のドット抜けとなって現れる。このようなことから、以下の説明では、液滴の吐出異常のことを単に「ドット抜け」と言う場合もある。

また、インクジェットヘッド100の吐出異常（ヘッド異常）には、前述したような吐出動作を行ったにもかかわらずノズル110からインク滴が正常に吐出されない現象が発生した場合のみならず、インクジェットヘッド100が前述したような吐出動作を行ったときノズル110からインク滴が正常に吐出されない現象が発生し得る状態にある場合も含まれる。

以下においては、図8に示す比較結果に基づいて、インクジェットヘッド100のノズル110に発生する印刷処理時のドット抜け（吐出異常）現象（液滴不吐出現象）の原因別に、振動板121の残留振動の計算値と実験値がマッチ（概ね一致）するように、音響抵抗 r 及び／又はイナータンス m の値を調整する。

まず、ドット抜けの1つの原因であるキャビティ141内への気泡の混入について検討する。図9は、図3のキャビティ141内に気泡Bが混入した場合のノズル110付近の概念図である。この図9に示すように、発生した気泡Bは、キャビティ141の壁面に発生付着しているものと想定される（図9では、気泡Bの付着位置の一例として、気泡Bがノズル110付近に付着している場合を示す）。

このように、キャビティ141内に気泡Bが混入した場合には、キャビティ141内を満たすインクの総重量が減り、イナータンス m が低下するものと考えられる。また、気泡Bは、キャビティ141の壁面に付着しているの

で、その径の大きさだけノズル 1 1 0 の径が大きくなったような状態となり、音響抵抗 r が低下するものと考えられる。

したがって、インクが正常に吐出された図 8 の場合に対して、音響抵抗 r 、イナータンス m を共に小さく設定して、気泡混入時の残留振動の実験値と
5 マッチングすることにより、図 1 0 のような結果（グラフ）が得られた。図 8 及び図 1 0 のグラフから分かるように、キャビティ 1 4 1 内に気泡が混入した場合には、正常吐出時に比べて周波数が高くなる特徴的な残留振動波形が得られる。なお、音響抵抗 r の低下などにより、残留振動の振幅の減衰率も小さくなり、残留振動は、その振幅をゆっくりと下げていることも確認す
10 ることができる。

次に、ドット抜けのもう 1 つの原因であるノズル 1 1 0 付近でのインクの乾燥（固着、増粘）について検討する。図 1 1 は、図 3 のノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥により固着した場合のノズル 1 1 0 付近の概念図である。この図 1 1 に示すように、ノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥して固着した場合
15 、キャビティ 1 4 1 内のインクは、キャビティ 1 4 1 内に閉じこめられたような状況となる。このように、ノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥、増粘した場合には、音響抵抗 r が増加するものと考えられる。

したがって、インクが正常に吐出された図 8 の場合に対して、音響抵抗 r を大きく設定して、ノズル 1 1 0 付近のインク乾燥固着（増粘）時の残留振
20 動の実験値とマッチングすることにより、図 1 2 のような結果（グラフ）が得られた。なお、図 1 2 に示す実験値は、数日間図示しないキャップを装着しない状態でヘッドユニット 3 5 を放置し、ノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥、増粘したことによりインクを吐出することができなくなった（インクが固着した）状態における振動板 1 2 1 の残留振動を測定したものである。図
25 8 及び図 1 2 のグラフから分かるように、ノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥により固着した場合には、正常吐出時に比べて周波数が極めて低くなるとと

もに、残留振動が過減衰となる特徴的な残留振動波形が得られる。これは、インク滴を吐出するために振動板 1 2 1 が図 3 中下方に引き寄せられることによって、キャビティ 1 4 1 内にリザーバ 1 4 3 からインクが流入した後に、振動板 1 2 1 が図 3 中上方に移動するときに、キャビティ 1 4 1 内のインク
5 クの逃げ道がないために、振動板 1 2 1 が急激に振動できなくなるため（過減衰となるため）である。

次に、ドット抜けのさらにもう 1 つの原因であるノズル 1 1 0 出口付近への紙粉付着について検討する。ここで、本発明において、「紙粉」とは、単に記録用紙などから発生した紙粉のみに限らず、例えば、紙送りローラ（給
10 紙ローラ）などのゴムの切れ端や、空気中に浮遊するごみなどを含むノズル 1 1 0 付近に付着してインク滴（液滴）吐出の妨げとなるすべてのものをいう。

図 1 3 は、図 3 のノズル 1 1 0 出口付近に紙粉が付着した場合のノズル 1 1 0 付近の概念図である。この図 1 3 に示すように、ノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着した場合、キャビティ 1 4 1 内から紙粉を介してインクが染
15 み出してしまうとともに、ノズル 1 1 0 からインクを吐出することができなくなる。このように、ノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着し、ノズル 1 1 0 からインクが染み出している場合には、振動板 1 2 1 からみてキャビティ 1 4 1 内及び染み出し分のインクが正常時よりも増えることにより、イナ
20 ータンス m が増加するものと考えられる。また、ノズル 1 1 0 の出口付近に付着した紙粉の繊維によって音響抵抗 r が増大するものと考えられる。

したがって、インクが正常に吐出された図 8 の場合に対して、イナータ
ンス m 、音響抵抗 r を共に大きく設定して、ノズル 1 1 0 の出口付近への紙粉
付着時の残留振動の実験値とマッチングすることにより、図 1 4 のような結
25 果（グラフ）が得られた。図 8 及び図 1 4 のグラフから分かるように、ノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着した場合には、正常吐出時に比べて周波数

が低くなる特徴的な残留振動波形が得られる（ここで、紙粉付着の場合、インクの乾燥の場合よりは、残留振動の周波数が高いことも、図 1 2 及び図 1 4 のグラフから分かる。）。なお、図 1 5 は、この紙粉付着前後におけるノズル 1 1 0 の状態を示す写真である。ノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着すると、紙粉に沿ってインクがにじみ出している状態を、図 1 5 （b）から見出すことができる。

ここで、ノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥して増粘した場合と、ノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着した場合とでは、いずれも正常にインク滴が吐出された場合に比べて減衰振動の周波数が低くなっている。これら 2 つのドット抜け（インク不吐出：吐出異常）の原因を振動板 1 2 1 の残留振動の波形から特定するために、例えば、減衰振動の周波数や周期、位相において所定のしきい値を持って比較するか、あるいは、残留振動（減衰振動）の周期変化や振幅変化の減衰率から特定することができる。

このようにして、各インクジェットヘッド 1 0 0 におけるノズル 1 1 0 からのインク滴が吐出されたときの振動板 1 2 1 の残留振動の変化（振動パターン）、特に、その周波数（振動パターン）の変化によって、各インクジェットヘッド 1 0 0 の吐出異常（ヘッド異常）を検出することができる。また、その場合の残留振動の周波数を正常吐出時の残留振動の周波数と比較することにより、吐出異常（ヘッド異常）の原因を特定することもできる。

また、ヘッドドライバ 3 3 の駆動回路 1 8 によって、インク滴（液滴）を吐出しない程度の駆動信号（電圧信号）を入力した場合においても、振幅が小さくなるが、同様の振動板の残留振動波形が得られる。そのため、残留振動の振幅を示すグラフの縦軸方向を拡大することによって、それぞれの吐出異常の原因に対応する図 1 0、図 1 2 及び図 1 4 のグラフと同様の計算値及び実験値が得られる。したがって、インク滴を吐出しない程度に静電アクチュエータ 1 2 0 を駆動して、そのときの振動板 1 2 1 の残留振動を検出する

ことにより、インクジェットヘッド１００の吐出異常を検出することもできる。以下、液滴を吐出せずに検出できるインクジェットヘッド１００の異常であるが、このように検出した場合の異常も単に「吐出異常」と称する。

次に、吐出異常検出手段１０について説明する。図１６は、図２に示す吐出異常検出手段１０の概略的なブロック図である。この図１６に示すように、吐出異常検出手段１０は、発振回路１１と、 F/V 変換回路１２と、波形整形回路１５とから構成される残留振動検出手段１６と、この残留振動検出手段１６によって検出された残留振動波形データから周期や振幅などを計測する計測手段１７と、この計測手段１７によって計測された周期などに基づいてインクジェットヘッド１００の吐出異常（ヘッド異常）を判定する判定手段２０とを備えている。吐出異常検出手段１０では、残留振動検出手段１６は、静電アクチュエータ１２０の振動板１２１の残留振動に基づいて、発振回路１１が発振し、その発振周波数から F/V 変換回路１２及び波形整形回路１５において振動波形を形成して、検出する。そして、計測手段１７は、検出された振動波形に基づいて残留振動の周期などを計測し、判定手段２０は、計測された残留振動の周期などに基づいて、印字手段３内の各ヘッドユニット３５が備える各インクジェットヘッド１００の吐出異常を検出、判定する。以下、吐出異常検出手段１０の各構成要素について説明する。

まず、静電アクチュエータ１２０の振動板１２１の残留振動の周波数（振動数）を検出するために、発振回路１１を用いる方法を説明する。図１７は、図３の静電アクチュエータ１２０を平行平板コンデンサとした場合の概念図であり、図１８は、図３の静電アクチュエータ１２０から構成されるコンデンサを含む発振回路１１の回路図である。なお、図１８に示す発振回路１１は、シュミットトリガのヒステリシス特性を利用する CR 発振回路であるが、本発明はこのような CR 発振回路に限定されず、アクチュエータ（振動板を含む）の静電容量成分（コンデンサ C ）を用いる発振回路であればどの

ような発振回路でもよい。発振回路 1 1 は、例えば、LC 発振回路を利用した構成としてもよい。また、本実施形態では、シュミットトリガインバータを用いた例を示して説明しているが、例えば、インバータを 3 段用いた CR 発振回路を構成してもよい。

- 5 図 3 に示すインクジェットヘッド 1 0 0 では、上述のように、振動板 1 2 1 と非常にわずかな間隔（空隙）を隔てたセグメント電極 1 2 2 とが対向電極を形成する静電アクチュエータ 1 2 0 を構成している。この静電アクチュエータ 1 2 0 は、図 1 7 に示すような平行平板コンデンサと考えることができる。このコンデンサの静電容量を C、振動板 1 2 1 及びセグメント電極 1 2 2 のそれぞれの表面積を S、2 つの電極 1 2 1、1 2 2 の距離（ギャップ長）を g、両電極に挟まれた空間（空隙）の誘電率を ϵ （真空の誘電率を ϵ_0 、空隙の比誘電率を ϵ_r とすると、 $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ ）とすると、図 1 7 に示すコンデンサ（静電アクチュエータ 1 2 0）の静電容量 C（x）は、次式で表される。

15 【数 2】

$$C(x) = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \frac{S}{g - x} \quad (F) \quad (4)$$

なお、式（4）の x は、図 1 7 に示すように、振動板 1 2 1 の残留振動によって生じる振動板 1 2 1 の基準位置からの変位量を示している。

- この式（4）から分かるように、ギャップ長 g（ギャップ長 g - 変位量 x）が小さくなれば、静電容量 C（x）は大きくなり、逆にギャップ長 g（ギャップ長 g - 変位量 x）が大きくなれば、静電容量 C（x）は小さくなる。
- 20 このように、静電容量 C（x）は、（ギャップ長 g - 変位量 x）（x が 0 の場合は、ギャップ長 g）に反比例している。なお、図 3 に示す静電アクチュ

エータ 1 2 0 では、空隙は空気で満たされているので、比誘電率 $\epsilon_r = 1$ である。

また、一般に、液滴吐出装置（本実施形態では、インクジェットプリンタ 1）の解像度が高まるにつれて、吐出されるインク滴（インクドット）が微小化されるので、この静電アクチュエータ 1 2 0 は、高密度化、小型化される。それによって、インクジェットヘッド 1 0 0 の振動板 1 2 1 の表面積 S が小さくなり、小さな静電アクチュエータ 1 2 0 が構成される。さらに、インク滴吐出による残留振動によって変化する静電アクチュエータ 1 2 0 のギャップ長 g は、初期ギャップ g_0 の 1 割程度となるため、式（4）から分かるように、静電アクチュエータ 1 2 0 の静電容量の変化量は非常に小さな値となる。

この静電アクチュエータ 1 2 0 の静電容量の変化量（残留振動の振動パターンにより異なる）を検出するために、以下のような方法、すなわち、静電アクチュエータ 1 2 0 の静電容量に基づいた図 1 8 のような発振回路を構成し、発振された信号に基づいて残留振動の周波数（周期）を解析する方法を用いる。図 1 8 に示す発振回路 1 1 は、静電アクチュエータ 1 2 0 から構成されるコンデンサ（ C ）と、シュミットトリガインバータ 1 1 1 と、抵抗素子（ R ） 1 1 2 とから構成される。

シュミットトリガインバータ 1 1 1 の出力信号が $H i g h$ レベルの場合、抵抗素子 1 1 2 を介してコンデンサ C を充電する。コンデンサ C の充電電圧（振動板 1 2 1 とセグメント電極 1 2 2 との間の電位差）が、シュミットトリガインバータ 1 1 1 の入力スレッシュホールド電圧 $V_T +$ に達すると、シュミットトリガインバータ 1 1 1 の出力信号が $L o w$ レベルに反転する。そして、シュミットトリガインバータ 1 1 1 の出力信号が $L o w$ レベルとなると、抵抗素子 1 1 2 を介してコンデンサ C に充電されていた電荷が放電される。この放電によりコンデンサ C の電圧がシュミットトリガインバータ 1 1 1 の

入カスレッシュヨルド電圧 V_T ーに達すると、シュミットトリガインバータ 1 1 1 の出力信号が再び High レベルに反転する。以降、この発振動作が繰り返される。

ここで、上述のそれぞれの現象（気泡混入、乾燥、紙粉付着、及び正常吐出）におけるコンデンサ C の静電容量の時間変化を検出するためには、この
5 発振回路 1 1 による発振周波数は、残留振動の周波数が最も高い気泡混入時（図 1 0 参照）の周波数を検出することができる発振周波数に設定される必要がある。そのため、発振回路 1 1 の発振周波数は、例えば、検出する残留振動の周波数の数倍から数十倍以上、すなわち、気泡混入時の周波数よりおよそ 1 桁以上高い周波数となるようにしなければならない。この場合、好ましくは、気泡混入時の残留振動の周波数が正常吐出の場合と比較して高い周波数を示すため、気泡混入時の残留振動周波数が検知可能な発振周波数に設定するとよい。そうしなければ、吐出異常の現象に対して正確な残留振動の周波数を検出することができない。そのため、本実施形態では、発振周波数
10 に応じて、発振回路 1 1 の C R の時定数を設定している。このように、発振回路 1 1 の発振周波数を高く設定することにより、この発振周波数の微小変化に基づいて、より正確な残留振動波形を検出することができる。

なお、発振回路 1 1 から出力される発振信号の発振周波数の周期（パルス）毎に、測定用のカウントパルス（カウンタ）を用いてそのパルスをカウントし、初期ギャップ g_0 におけるコンデンサ C の静電容量で発振させた場合
20 の発振周波数のパルスのカウント量を測定したカウント量から減算することにより、残留振動波形について発振周波数毎のデジタル情報が得られる。これらのデジタル情報に基づいて、デジタル／アナログ（D/A）変換を行うことにより、概略的な残留振動波形が生成され得る。このような方法を用いてもよいが、測定用のカウントパルス（カウンタ）には、発振周波数の微小変化を測定することができる高い周波数（高解像度）のものが必要となる。
25

このようなカウントパルス（カウンタ）は、コストをアップさせるため、吐出異常検出手段 10 では、図 19 に示す F/V 変換回路 12 を用いている。

図 19 は、図 16 に示す吐出異常検出手段 10 の F/V 変換回路 12 の回路図である。この図 19 に示すように、F/V 変換回路 12 は、3 つのスイッチ SW1、SW2、SW3 と、2 つのコンデンサ C1、C2 と、抵抗素子 R1 と、定電流 Is を出力する定電流源 13 と、バッファ 14 とから構成される。この F/V 変換回路 12 の動作を図 20 のタイミングチャート及び図 21 のグラフを用いて説明する。

まず、図 20 のタイミングチャートに示す充電信号、ホールド信号及びクリア信号の生成方法について説明する。充電信号は、発振回路 11 の発振パルスの立ち上がりエッジから固定時間 t_r を設定し、その固定時間 t_r の間 High レベルとなるようにして生成される。ホールド信号は、充電信号の立ち上がりエッジに同期して立ち上がり、所定の固定時間だけ High レベルに保持され、Low レベルに立ち下がるようにして生成される。クリア信号は、ホールド信号の立ち下がりエッジに同期して立ち上がり、所定の固定時間だけ High レベルに保持され、Low レベルに立ち下がるようにして生成される。なお、後述するように、コンデンサ C1 からコンデンサ C2 への電荷の移動及びコンデンサ C1 の放電は瞬時に行われるので、ホールド信号及びクリア信号のパルスは、発振回路 11 の出力信号の次の立ち上がりエッジまでにそれぞれ 1 つのパルスが含まれればよく、上記のような立ち上がりエッジ、立ち下がりエッジに限定されない。

きれいな残留振動の波形（電圧波形）を得るために、図 21 を参照して、固定時間 t_r 及び t_1 の設定方法を説明する。固定時間 t_r は、静電アクチュエータ 120 が初期ギャップ長 g_0 のときにおける静電容量 C で発振した発振パルスの周期から調整され、充電時間 t_1 による充電電位が C1 の充電範囲のおよそ 1/2 付近となるように設定される。また、ギャップ長 g が最

大 (M a x) の位置における充電時間 t_2 から最小 (M i n) の位置における充電時間 t_3 の間で、コンデンサ C_1 の充電範囲を超えないように充電電位の傾きが設定される。すなわち、充電電位の傾きは、 $dV/dt = I_s / C_1$ によって決定されるため、定電流源 13 の出力定電流 I_s を適当な値に
5 設定すればよい。この定電流源 13 の出力定電流 I_s をその範囲内でできるだけ高く設定することによって、静電アクチュエータ 120 によって構成されるコンデンサの微小な静電容量の変化を高感度で検出することができ、静電アクチュエータ 120 の振動板 121 の微小な変化を検出することが可能となる。

10 次いで、図 22 を参照して、図 16 に示す波形整形回路 15 の構成を説明する。図 22 は、図 16 の波形整形回路 15 の回路構成を示す回路図である。この波形整形回路 15 は、残留振動波形を矩形波として判定手段 20 に出力するものである。この図 22 に示すように、波形整形回路 15 は、2 つのコンデンサ C_3 (DC 成分除去手段)、 C_4 と、2 つの抵抗素子 R_2 、 R_3
15 と、2 つの直流電圧源 V_{ref1} 、 V_{ref2} と、増幅器 (オペアンプ) 151 と、比較器 (コンパレータ) 152 とから構成される。なお、残留振動波形の波形整形処理において、検出される波高値をそのまま出力して、残留振動波形の振幅を計測するように構成してもよい。

F/V 変換回路 12 のバッファ 14 の出力には、静電アクチュエータ 12
20 0 の初期ギャップ g_0 に基づく DC 成分 (直流成分) の静電容量成分が含まれている。この直流成分は各インクジェットヘッド 100 によりばらつきがあるため、コンデンサ C_3 は、この静電容量の直流成分を除去するものである。そして、コンデンサ C_3 は、バッファ 14 の出力信号における DC 成分を除去し、残留振動の AC 成分のみをオペアンプ 151 の反転入力端子に出力する。
25

オペアンプ 151 は、直流成分が除去された F/V 変換回路 12 のバッフ

ア 1 4 の出力信号を反転増幅するとともに、その出力信号の高域を除去するためのローパスフィルタを構成している。なお、このオペアンプ 1 5 1 は、単電源回路を想定している。オペアンプ 1 5 1 は、2 つの抵抗素子 R_2 、 R_3 による反転増幅器を構成し、入力された残留振動（交流成分）は、 $-R_3$
5 $/R_2$ 倍に振幅される。

また、オペアンプ 1 5 1 の単電源動作のために、その非反転入力端子に接続された直流電圧源 V_{ref1} によって設定された電位を中心に振動する、増幅された振動板 1 2 1 の残留振動波形が出力される。ここで、直流電圧源 V_{ref1} は、オペアンプ 1 5 1 が単電源で動作可能な電圧範囲の $1/2$ 程
10 度に設定されている。さらに、このオペアンプ 1 5 1 は、2 つのコンデンサ C_3 、 C_4 により、カットオフ周波数 $1/(2\pi \times C_4 \times R_3)$ となるローパスフィルタを構成している。そして、直流成分を除去された後に増幅された振動板 1 2 1 の残留振動波形は、図 2 0 のタイミングチャートに示すよう
15 2 の電位と比較され、その比較結果が矩形波として波形整形回路 1 5 から出力される。なお、直流電圧源 V_{ref2} は、もう一つの直流電圧源 V_{ref1} を共用してもよい。

次に、図 2 0 に示すタイミングチャートを参照して、図 1 9 の F/V 変換回路 1 2 及び波形整形回路 1 5 の動作を説明する。上述のように生成された
20 充電信号、クリア信号及びホールド信号に基づいて、図 1 9 に示す F/V 変換回路 1 2 は動作する。図 2 0 のタイミングチャートにおいて、静電アクチュエータ 1 2 0 の駆動信号がヘッドドライバ 3 3 を介してインクジェットヘッド 1 0 0 に入力されると、図 6 (b) に示すように、静電アクチュエータ 1 2 0 の振動板 1 2 1 がセグメント電極 1 2 2 側に引きつけられ、この駆動
25 信号の立ち下がりエッジに同期して、図 6 中上方に向けて急激に収縮する（図 6 (c) 参照）。

この駆動信号の立ち下がりエッジに同期して、駆動回路 18 と吐出異常検
出手段 10 とを切り替える駆動／検出切替信号が High レベルとなる。こ
の駆動／検出切替信号は、対応するインクジェットヘッド 100 の駆動休止
期間中、High レベルに保持され、次の駆動信号が入力される前に、Low
5 w レベルになる。この駆動／検出切替信号が High レベルの間、図 18 の
発振回路 11 は、静電アクチュエータ 120 の振動板 121 の残留振動に対
応して発振周波数を変えながら発振している。

上述のように、駆動信号の立ち下がりエッジ、すなわち、発振回路 11 の
出力信号の立ち上がりエッジから、残留振動の波形がコンデンサ C1 に充電
10 可能な範囲を超えないように予め設定された固定時間 t_r だけ経過するまで
、充電信号は、High レベルに保持される。なお、充電信号が High レ
ベルである間、スイッチ SW1 はオフの状態である。

固定時間 t_r が経過し、充電信号が Low レベルになると、その充電信号
の立ち下がりエッジに同期して、スイッチ SW1 がオンされる（図 19 参照
15 ）。そして、定電流源 13 とコンデンサ C1 とが接続され、コンデンサ C1
は、上述のように、傾き $I_s / C1$ で充電される。充電信号が Low レベル
である期間、すなわち、発振回路 11 の出力信号の次のパルスの立ち上がり
エッジに同期して High レベルになるまでの間、コンデンサ C1 は充電さ
れる。

20 充電信号が High レベルになると、スイッチ SW1 はオフ（オープン）
となり、定電流源 13 とコンデンサ C1 は切り離される。このとき、コンデ
ンサ C1 には、充電信号が Low レベルの期間 t_1 の間に充電された電位（
すなわち、理想的には $I_s \times t_1 / C1$ (V)）が保存されている。この状
態で、ホールド信号が High レベルになると、スイッチ SW2 がオンされ
25 （図 19 参照）、コンデンサ C1 とコンデンサ C2 が、抵抗素子 R1 を介し
て接続される。スイッチ SW2 の接続後、2つのコンデンサ C1、C2 の充

電位差によって互いに充放電が行われ、2つのコンデンサC1、C2の電位差が概ね等しくなるように、コンデンサC1からコンデンサC2に電荷が移動する。

ここで、コンデンサC1の静電容量に対してコンデンサC2の静電容量は、約 $1/10$ 以下程度に設定されている。そのため、2つのコンデンサC1、C2間の電位差によって生じる充放電で移動する（使用される）電荷量は、コンデンサC1に充電されている電荷の $1/10$ 以下となる。したがって、コンデンサC1からコンデンサC2へ電荷が移動した後においても、コンデンサC1の電位差は、それほど変化しない（それほど下がらない）。なお、図19のF/V変換回路12では、コンデンサC2に充電されるときF/V変換回路12の配線のインダクタンス等により充電電位が急激に跳ね上がらないようにするために、抵抗素子R1とコンデンサC2により一次のローパスフィルタを構成している。

コンデンサC2にコンデンサC1の充電電位と概ね等しい充電電位が保持された後、ホールド信号がLowレベルとなり、コンデンサC1はコンデンサC2から切り離される。さらに、クリア信号がHighレベルとなり、スイッチSW3がオンすることにより、コンデンサC1がグラウンドGNDに接続され、コンデンサC1に充電されていた電荷が0となるように放電動作が行なわれる。コンデンサC1の放電後、クリア信号はLowレベルとなり、スイッチSW3がオフすることにより、コンデンサC1の図19中上部の電極がグラウンドGNDから切り離され、次の充電信号が入力されるまで、すなわち、充電信号がLowレベルになるまで待機している。

コンデンサC2に保持されている電位は、充電信号の立ち上がりのタイミング毎、すなわち、コンデンサC2への充電完了のタイミング毎に更新され、バッファ14を介して振動板121の残留振動波形として図22の波形整形回路15に出力される。したがって、発振回路11の発振周波数が高くな

るように静電アクチュエータ 1 2 0 の静電容量（この場合、残留振動による静電容量の変動幅も考慮しなければならない）と抵抗素子 1 1 2 の抵抗値を設定すれば、図 2 0 のタイミングチャートに示すコンデンサ C 2 の電位（バッファ 1 4 の出力）の各ステップ（段差）がより詳細になるので、振動板 1 2 1 の残留振動による静電容量の時間的な変化をより詳細に検出することが可能となる。

以下同様に、充電信号が L o w レベル→H i g h レベル→L o w レベル・・と繰り返し、上記所定のタイミングでコンデンサ C 2 に保持されている電位がバッファ 1 4 を介して波形整形回路 1 5 に出力される。波形整形回路 1 5 では、バッファ 1 4 から入力された電圧信号（図 2 0 のタイミングチャートにおいて、コンデンサ C 2 の電位）の直流成分がコンデンサ C 3 によって除去され、抵抗素子 R 2 を介してオペアンプ 1 5 1 の反転入力端子に入力される。入力された残留振動の交流（A C）成分は、このオペアンプ 1 5 1 によって反転増幅され、コンパレータ 1 5 2 の一方の入力端子に出力される。コンパレータ 1 5 2 は、予め直流電圧源 V r e f 2 によって設定されている電位（基準電圧）と、残留振動波形（交流成分）の電位とを比較し、矩形波を出力する（図 2 0 のタイミングチャートにおける比較回路の出力）。

次に、インクジェットヘッド 1 0 0 のインク滴吐出動作（駆動）と吐出異常検出動作（駆動休止）との切り替えタイミングについて説明する。図 2 3 は、駆動回路 1 8 と吐出異常検出手段 1 0 との切替手段 2 3 の概略を示すブロック図である。なお、この図 2 3 では、図 1 6 に示すヘッドドライバ 3 3 内の駆動回路 1 8 をインクジェットヘッド 1 0 0 の駆動回路として説明する。図 2 0 のタイミングチャートでも示したように、吐出異常検出処理は、インクジェットヘッド 1 0 0 の駆動信号と駆動信号の間、すなわち、駆動休止期間に実行されている。

図 2 3 において、静電アクチュエータ 1 2 0 を駆動するために、切替手段

23は、最初は駆動回路18側に接続されている。上述のように、駆動回路18から駆動信号（電圧信号）が振動板121に入力されると、静電アクチュエータ120が駆動し、振動板121は、セグメント電極122側に引きつけられ、印加電圧が0になるとセグメント電極122から離れる方向に急
5 激に変位して振動（残留振動）を開始する。このとき、インクジェットヘッド100のノズル110からインク滴が吐出される。

駆動信号のパルスが立ち下がると、その立ち下がりエッジに同期して駆動／検出切替信号（図20のタイミングチャート参照）が切替手段23に入力され、切替手段23は、駆動回路18から吐出異常検出手段（検出回路）1
10 0側に切り替えられ、静電アクチュエータ120（発振回路11のコンデンサとして利用）は吐出異常検出手段10と接続される。

そして、吐出異常検出手段10は、上述のような吐出異常（ドット抜け）の検出処理を実行し、波形整形回路15の比較器152から出力される振動板121の残留振動波形データ（矩形波データ）を計測手段17によって残
15 留振動波形の周期や振幅などに数値化する。本実施形態では、計測手段17は、残留振動波形データから特定の振動周期を測定し、その計測結果（数値）を判定手段20に出力する。

具体的には、計測手段17は、比較器152の出力信号の波形（矩形波）の最初の立ち上がりエッジから次の立ち上がりエッジまでの時間（残留振動
20 の周期）を計測するために、図示しないカウンタを用いて基準信号（所定の周波数）のパルスをカウントし、そのカウント値から残留振動の周期（特定の振動周期）を計測する。なお、計測手段17は、最初の立ち上がりエッジから次の立ち下がりエッジまでの時間を計測し、その計測された時間の2倍の時間を残留振動の周期として判定手段20に出力してもよい。以下、この
25 ようにして得られた残留振動の周期を T_w とする。

判定手段20は、計測手段17によって計測された残留振動波形の特定の

振動周期など（計測結果）に基づいて、ノズルの吐出異常（ヘッド異常）の有無、吐出異常（ヘッド異常）の原因、比較偏差量などを判定し、その判定結果を制御部 6 に出力する。制御部 6 は、EEPROM（記憶手段）62 の所定の格納領域にこの判定結果を保存する。そして、駆動回路 18 からの次の駆動信号が入力されるタイミングで、駆動／検出切替信号が切替手段 23 に再び入力され、駆動回路 18 と静電アクチュエータ 120 とを接続する。駆動回路 18 は、一旦駆動電圧を印加するとグラウンド（GND）レベルを維持するので、切替手段 23 によって上記のような切り替えを行っている（図 20 のタイミングチャート参照）。これにより、駆動回路 18 からの外乱などに影響されることなく、静電アクチュエータ 120 の振動板 121 の残留振動波形を正確に検出することができる。

なお、本発明では、残留振動波形データは、比較器 152 により矩形波化したものに限定されない。例えば、オペアンプ 151 から出力された残留振動振幅データは、比較器 152 により比較処理を行うことなく、A/D 変換を行う計測手段 17 によって随時数値化され、その数値化されたデータに基づいて、判定手段 20 により吐出異常の有無などを判定し、この判定結果を記憶手段 62 に記憶するように構成してもよい。

また、ノズル 110 のメニスカス（ノズル 110 内インクが大気と接する面）は、振動板 121 の残留振動に同期して振動するため、インクジェットヘッド 100 は、インク滴の吐出動作後、このメニスカスの残留振動が音響抵抗 r によって概ね決まった時間で減衰するのを待ってから（所定の時間待機して）、次の吐出動作を行っている。本発明では、この待機時間を有効に利用して振動板 121 の残留振動を検出しているので、インクジェットヘッド 100 の駆動に影響しない吐出異常検出を行うことができる。すなわち、インクジェットプリンタ 1（液滴吐出装置）のスループットを低下させることなく、インクジェットヘッド 100 のノズル 110 の吐出異常検出処理を

実行することができる。

上述のように、インクジェットヘッド 100 のキャビティ 141 内に気泡が混入した場合には、正常吐出時の振動板 121 の残留振動波形に比べて、周波数が高くなるので、その周期は逆に正常吐出時の残留振動の周期よりも短くなる。また、ノズル 110 付近のインクが乾燥により増粘、固着した場合には、残留振動が過減衰となり、正常吐出時の残留振動波形に比べて、周波数が相当低くなるので、その周期は正常吐出時の残留振動の周期よりもかなり長くなる。また、ノズル 110 の出口付近に紙粉が付着した場合には、残留振動の周波数は、正常吐出時の残留振動の周波数よりも低く、しかし、インクの乾燥時の残留振動の周波数よりも高くなるので、その周期は、正常吐出時の残留振動の周期よりも長く、インク乾燥時の残留振動の周期よりも短くなる。

したがって、正常吐出時の残留振動の周期として、所定の範囲 T_r を設け、また、ノズル 110 出口に紙粉が付着した場合における残留振動の周期と、ノズル 110 の出口付近でインクが乾燥した場合における残留振動の周期とを区別するために、所定のしきい値（所定の閾値） T_1 を設定することにより、このようなインクジェットヘッド 100 の吐出異常の原因を決定することができる。判定手段 20 は、上記吐出異常検出処理によって検出された残留振動波形の周期 T_w が所定の範囲の周期であるか否か、また、所定のしきい値よりも長いかな否かを判定し、それによって、吐出異常（ヘッド異常）の原因を判定する。

次に、本発明の液滴吐出装置の動作を、上述のインクジェットプリンタ 1 の構成に基づいて説明する。まず、1つのインクジェットヘッド 100 のノズル 110 に対する吐出異常検出処理（駆動／検出切替処理を含む）について説明する。図 24 は、吐出異常検出・判定処理を示すフローチャートである。印刷される印字データ（フラッシング動作における吐出データでもよい

）がホストコンピュータ 8 からインターフェース（I F） 9 を介して制御部 6 に入力されると、所定のタイミングでこの吐出異常検出処理が実行される。なお、説明の都合上、この図 2 4 に示すフローチャートでは、1 つのインクジェットヘッド 1 0 0、すなわち、1 つのノズル 1 1 0 の吐出動作に対応する吐出異常検出処理を示す。

まず、印字データ（吐出データ）に対応する駆動信号がヘッドドライバ 3 3 の駆動回路 1 8 から入力され、それにより、図 2 0 のタイミングチャートに示すような駆動信号のタイミングに基づいて、静電アクチュエータ 1 2 0 の両電極間に駆動信号（電圧信号）が印加される（ステップ S 1 0 1）。そして、制御部 6 は、駆動／検出切替信号に基づいて、吐出したインクジェットヘッド 1 0 0 が駆動休止期間であるか否かを判断する（ステップ S 1 0 2）。ここで、駆動／検出切替信号は、駆動信号の立ち下がりエッジに同期して H i g h レベルとなり（図 2 0 参照）、制御部 6 から切替手段 2 3 に入力される。

15 駆動／検出切替信号が切替手段 2 3 に入力されると、切替手段 2 3 によって、静電アクチュエータ 1 2 0、すなわち、発振回路 1 1 を構成するコンデンサは、駆動回路 1 8 から切り離され、吐出異常検出手段 1 0（検出回路）側、すなわち、残留振動検出手段 1 6 の発振回路 1 1 に接続される（ステップ S 1 0 3）。そして、後述する残留振動検出処理を実行し（ステップ S 1 0 4）、計測手段 1 7 は、この残留振動検出処理において検出された残留振動波形データから所定の数値を計測する（ステップ S 1 0 5）。ここでは、上述のように、計測手段 1 7 は、残留振動波形データからその残留振動の周期を計測する。

25 次いで、判定手段 2 0 によって、計測手段の計測結果に基づいて、後述する吐出異常判定処理が実行され（ステップ S 1 0 6）、その判定結果を制御部 6 の E E P R O M（記憶手段） 6 2 の所定の格納領域に保存する。そして

、ステップS 1 0 8においてインクジェットヘッド1 0 0が駆動期間であるか否かが判断される。すなわち、駆動休止期間が終了して、次の駆動信号が入力されたか否かが判断され、次の駆動信号が入力されるまで、このステップS 1 0 8で待機している。

5 次の駆動信号のパルスが入力されるタイミングで、駆動信号の立ち上がりエッジに同期して駆動／検出切替信号がL o wレベルになると（ステップS 1 0 8で「y e s」）、切替手段2 3は、静電アクチュエータ1 2 0との接続を、吐出異常検出手段（検出回路）1 0から駆動回路1 8に切り替えて（ステップS 1 0 9）、この吐出異常検出処理を終了する。

10 なお、図2 4に示すフローチャートでは、計測手段1 7が残留振動検出処理（残留振動検出手段1 6）によって検出された残留振動波形から周期を計測する場合について示したが、本発明はこのような場合に限定されず、例えば、計測手段1 7は、残留振動検出処理において検出された残留振動波形データから、残留振動波形の位相差や振幅などの計測を行ってもよい。

15 次に、図2 4に示すフローチャートのステップS 1 0 4における残留振動検出処理（サブルーチン）について説明する。図2 5は、残留振動検出処理を示すフローチャートである。上述のように、切替手段2 3によって、静電アクチュエータ1 2 0と発振回路1 1とを接続すると（図2 4のステップS 1 0 3）、発振回路1 1は、C R発振回路を構成し、静電アクチュエータ1 2 0の静電容量の変化（静電アクチュエータ1 2 0の振動板1 2 1の残留振動）に基づいて、発振する（ステップS 2 0 1）。

25 上述のタイミングチャートなどに示すように、発振回路1 1の出力信号（パルス信号）に基づいて、F／V変換回路1 2において、充電信号、ホールド信号及びクリア信号が生成され、これらの信号に基づいてF／V変換回路1 2によって発振回路1 1の出力信号の周波数から電圧に変換するF／V変換処理が行われ（ステップS 2 0 2）、F／V変換回路1 2から振動板1 2

1の残留振動波形データが出力される。F/V変換回路12から出力された
残留振動波形データは、波形整形回路15のコンデンサC3により、DC成
分（直流成分）が除去され（ステップS203）、オペアンプ151により
、DC成分が除去された残留振動波形（AC成分）が増幅される（ステップ
5 S204）。

増幅後の残留振動波形データは、所定の処理により波形整形され、パルス
化される（ステップS205）。すなわち、本実施形態では、比較器152
において、直流電圧源Vref2によって設定された電圧値（所定の電圧値
）とオペアンプ151の出力電圧とが比較される。比較器152は、この比
10 較結果に基づいて、2値化された波形（矩形波）を出力する。この比較器1
52の出力信号は、残留振動検出手段16の出力信号であり、吐出異常判定
処理を行うために、計測手段17に出力され、この残留振動検出処理が終了
する。

次に、図24に示すフローチャートのステップS106における吐出異常
15 判定処理（サブルーチン）について説明する。図26は、制御部6及び判定
手段20によって実行される吐出異常判定処理を示すフローチャートである
。判定手段20は、上述の計測手段17によって計測された周期などの計測
データ（計測結果）に基づいて、該当するインクジェットヘッド100から
インク滴が正常に吐出したか否か、正常に吐出していない場合、すなわち、
20 吐出異常の場合にはその原因が何かを判定する。

まず、制御部6は、EEPROM62に保存されている残留振動の周期の
所定の範囲Tr及び残留振動の周期の所定のしきい値T1を判定手段20に
出力する。残留振動の周期の所定の範囲Trは、正常吐出時の残留振動周期
に対して、正常と判定できる許容範囲を持たせたものである。これらのデー
25 タは、判定手段20の図示しないメモリに格納され、以下の処理が実行され
る。

図 2 4 のステップ S 1 0 5 において計測手段 1 7 によって計測された計測結果が判定手段 2 0 に入力される（ステップ S 3 0 1）。ここで、本実施形態では、計測結果は、振動板 1 2 1 の残留振動の周期 T_w である。

5 ステップ S 3 0 2 において、判定手段 2 0 は、残留振動の周期 T_w が存在するか否か、すなわち、吐出異常検出手段 1 0 によって残留振動波形データが得られなかったか否かを判定する。残留振動の周期 T_w が存在しないと判定された場合には、判定手段 2 0 は、そのインクジェットヘッド 1 0 0 のノズル 1 1 0 は吐出異常検出処理においてインク滴を吐出していない未吐出ノズルであると判定する（ステップ S 3 0 6）。また、残留振動波形データが
10 存在すると判定された場合には、続いて、ステップ S 3 0 3 において、判定手段 2 0 は、その周期 T_w が正常吐出時の周期と認められる所定の範囲 T_r 内にあるか否かを判定する。

 残留振動の周期 T_w が所定の範囲 T_r 内にあると判定された場合には、対応するインクジェットヘッド 1 0 0 からインク滴が正常に吐出されたことを
15 意味し、判定手段 2 0 は、そのインクジェットヘッド 1 0 0 のノズル 1 1 0 は正常にインク滴と吐出した（正常吐出）と判定する（ステップ S 3 0 7）。また、残留振動の周期 T_w が所定の範囲 T_r 内にはないと判定された場合には、続いて、ステップ S 3 0 4 において、判定手段 2 0 は、残留振動の周期 T_w が所定の範囲 T_r よりも短い
20 か否かを判定する。

 残留振動の周期 T_w が所定の範囲 T_r よりも短いと判定された場合には、残留振動の周波数が高いことを意味し、上述のように、インクジェットヘッド 1 0 0 のキャビティ 1 4 1 内に気泡が混入しているものと考えられ、判定手段 2 0 は、そのインクジェットヘッド 1 0 0 のキャビティ 1 4 1 に気泡が混入しているもの（気泡混入）と判定する（ステップ S 3 0 8）。

25 また、残留振動の周期 T_w が所定の範囲 T_r よりも長いと判定された場合には、続いて、判定手段 2 0 は、残留振動の周期 T_w が所定のしきい値 T_1

よりも長いかな否かを判定する（ステップS 3 0 5）。残留振動の周期 T_w が所定のしきい値 T_1 よりも長いと判定された場合には、残留振動が過減衰であると考えられ、判定手段20は、そのインクジェットヘッド100のノズル110付近のインクが乾燥により増粘しているもの（乾燥）と判定する（5 ステップS 3 0 9）。

そして、ステップS 3 0 5において、残留振動の周期 T_w が所定のしきい値 T_1 よりも短いと判定された場合には、この残留振動の周期 T_w は、 $T_r < T_w < T_1$ を満たす範囲の値であり、上述のように、乾燥よりも周波数が高いノズル110の出口付近への紙粉付着であると考えられ、判定手段20 10 は、そのインクジェットヘッド100のノズル110出口付近に紙粉が付着しているもの（紙粉付着）と判定する（ステップS 3 1 0）。

このように、判定手段20によって、対象となるインクジェットヘッド100の正常吐出あるいは吐出異常の原因などが判定されると（ステップS 3 0 6～S 3 1 0）、その判定結果は、制御部6に出力され、この吐出異常判定 15 処理を終了する。

各インクジェットヘッド100に対応する判定結果は、後述する図24のステップS 1 0 7において、処理対象となるインクジェットヘッド100と関連付けられて、制御部6のEEPROM（記憶手段）62の所定の格納領域に記憶される。

20 次に、複数のインクジェットヘッド（液滴吐出ヘッド）100、すなわち、複数のノズル110を備えるインクジェットプリンタ1を想定し、そのインクジェットプリンタ1における吐出選択手段（ノズルセレクタ）182と、各インクジェットヘッド100の吐出異常検出・判定のタイミングについて説明する。

25 なお、以下では、説明を分かりやすくするため、印字手段3が備える複数のヘッドユニット35のうちの1つのヘッドユニット35について説明し、

また、このヘッドユニット 35 は、5 つのインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e を備える（すなわち、5 つのノズル 110 を備える）ものとするが、本発明では、印字手段 3 が備えるヘッドユニット 35 の数量や、各ヘッドユニット 35 が備えるインクジェットヘッド 100（ノズル 110）の数量は、それぞれ、いくつであってもよい。

図 27 ~ 図 30 は、吐出選択手段 182 を備えるインクジェットプリンタ 1 における吐出異常検出・判定タイミングのいくつかの例を示すブロック図である。以下、各図の構成例を順次説明する。

図 27 は、複数（5 つ）のインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e の吐出異常検出のタイミングの一例（吐出異常検出手段 10 が 1 つの場合）である。この図 27 に示すように、複数のインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e を有するインクジェットプリンタ 1 は、駆動波形を生成する駆動波形生成手段 181 と、いずれのノズル 110 からインク滴を吐出するかを選択することができる吐出選択手段 182 と、この吐出選択手段 182 によって選択され、駆動波形生成手段 181 によって駆動される複数のインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e とを備えている。なお、図 27 の構成では、上記以外の構成は図 2、図 16 及び図 23 に示したものと同様であるため、その説明を省略する。

なお、本実施形態では、駆動波形生成手段 181 及び吐出選択手段 182 は、ヘッドドライバ 33 の駆動回路 18 に含まれるものとして説明するが（図 27 では、切替手段 23 を介して 2 つのブロックとして示しているが、一般的には、いずれもヘッドドライバ 33 内に構成される）、本発明はこの構成に限定されず、例えば、駆動波形生成手段 181 は、ヘッドドライバ 33 とは独立した構成としてもよい。

この図 27 に示すように、吐出選択手段 182 は、シフトレジスタ 182 a と、ラッチ回路 182 b と、ドライバ 182 c とを備えている。シフトレ

ジスタ 1 8 2 a には、図 2 に示すホストコンピュータ 8 から出力され、制御部 6 において所定の処理をされた印字データ（吐出データ）と、クロック信号（C L K）が順次入力される。この印字データは、クロック信号（C L K）の入力パルスに応じて（クロック信号の入力の度に）シフトレジスタ 1 8 2 a の初段から順次後段側にシフトして入力され、各インクジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e に対応する印字データとしてラッチ回路 1 8 2 b に出力される。なお、後述する吐出異常検出処理では、印字データではなくフラッシング（予備吐出）時の吐出データが入力されるが、この吐出データとは、すべてのインクジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e に対する印字データを意味している。

ラッチ回路 1 8 2 b は、ヘッドユニット 3 5 のノズル 1 1 0 の数、すなわち、インクジェットヘッド 1 0 0 の数に対応する印字データがシフトレジスタ 1 8 2 a に格納された後、入力されるラッチ信号によってシフトレジスタ 1 8 2 a の各出力信号をラッチする。ここで、C L E A R 信号が入力された場合には、ラッチ状態が解除され、ラッチされていたシフトレジスタ 1 8 2 a の出力信号は 0（ラッチの出力停止）となり、印字動作は停止される。C L E A R 信号が入力されていない場合には、ラッチされたシフトレジスタ 1 8 2 a の印字データがドライバ 1 8 2 c に出力される。シフトレジスタ 1 8 2 a から出力される印字データがラッチ回路 1 8 2 b によってラッチされた後、次の印字データをシフトレジスタ 1 8 2 a に入力し、印字タイミングに合わせてラッチ回路 1 8 2 b のラッチ信号を順次更新している。

ドライバ 1 8 2 c は、駆動波形生成手段 1 8 1 と各インクジェットヘッド 1 0 0 の静電アクチュエータ 1 2 0 とを接続するものであり、ラッチ回路 1 8 2 b から出力されるラッチ信号で指定（特定）された各静電アクチュエータ 1 2 0（インクジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e のいずれかあるいはすべての静電アクチュエータ 1 2 0）に駆動波形生成手段 1 8 1 の出力信号（

駆動信号)を入力し、それによって、その駆動信号(電圧信号)が静電アクチュエータ120の両電極間に印加される。

この図27に示すインクジェットプリンタ1は、複数のインクジェットヘッド100a~100eを駆動する1つの駆動波形生成手段181と、各インクジェットヘッド100a~100eのいずれかのインクジェットヘッド100に対して吐出異常(インク滴不吐出)を検出する吐出異常検出手段10と、この吐出異常検出手段10によって得られた吐出異常の原因などの判定結果を保存(格納)する記憶手段62と、駆動波形生成手段181と吐出異常検出手段10とを切り替える1つの切替手段23とを備えている。したがって、このインクジェットプリンタ1は、駆動波形生成手段181から入力される駆動信号に基づいて、ドライバ182cによって選択されたインクジェットヘッド100a~100eのうちの1つ又は複数を駆動し、駆動/検出切替信号が吐出駆動動作後に切替手段23に入力されることによって、切替手段23が駆動波形生成手段181から吐出異常検出手段10にインクジェットヘッド100の静電アクチュエータ120との接続を切り替えた後、振動板121の残留振動波形に基づいて、吐出異常検出手段10によって、そのインクジェットヘッド100のノズル110における吐出異常(インク滴不吐出)を検出し、吐出異常の場合にはその原因を判定するものである。

そして、このインクジェットプリンタ1は、1つのインクジェットヘッド100のノズル110について吐出異常を検出・判定すると、次に駆動波形生成手段181から入力される駆動信号に基づいて、次に指定されたインクジェットヘッド100のノズル110について吐出異常を検出・判定し、以下同様に、駆動波形生成手段181の出力信号によって駆動されるインクジェットヘッド100のノズル110についての吐出異常を順次検出・判定する。そして、上述のように、残留振動検出手段16が振動板121の残留振

動波形を検出すると、計測手段 17 がその波形データに基づいて残留振動波形の周期などを計測し、判定手段 20 が、計測手段 17 の計測結果に基づいて、正常吐出か吐出異常か、及び、吐出異常（ヘッド異常）の場合には吐出異常の原因を判定して、記憶手段 62 にその判定結果を出力する。

- 5 このように、この図 27 に示すインクジェットプリンタ 1 では、複数のインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e の各ノズル 110 についてインク滴吐出駆動動作の際に順次吐出異常を検出・判定する構成としているので、吐出異常検出手段 10 と切替手段 23 とを 1 つずつ備えるだけでよく、吐出異常を検出・判定可能なインクジェットプリンタ 1 の回路構成をスケールダウン
10 できるとともに、その製造コストの増加を防止することができる。

図 28 は、複数のインクジェットヘッド 100 の吐出異常検出のタイミングの一例（吐出異常検出手段 10 の数がインクジェットヘッド 100 の数と同じ場合）である。この図 28 に示すインクジェットプリンタ 1 は、1 つの吐出選択手段 182 と、5 つの吐出異常検出手段 10 a ~ 10 e と、5 つの
15 切替手段 23 a ~ 23 e と、5 つのインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e に共通の 1 つの駆動波形生成手段 181 と、1 つの記憶手段 62 とを備えている。なお、各構成要素は、図 27 の説明において既に上述しているので、その説明を省略し、これらの接続について説明する。

図 27 に示す場合と同様に、吐出選択手段 182 は、ホストコンピュータ
20 8 から入力される印字データ（吐出データ）とクロック信号 CLK に基づいて、各インクジェットヘッド 100 a ~ 100 e に対応する印字データをラッチ回路 182 b にラッチし、駆動波形生成手段 181 からドライバ 182 c に入力される駆動信号（電圧信号）に応じて、印字データに対応するインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e の静電アクチュエータ 120 を駆動さ
25 せる。駆動／検出切替信号は、すべてのインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e に対応する切替手段 23 a ~ 23 e にそれぞれ入力され、切替手段 2

3 a ~ 2 3 e は、対応する印字データ（吐出データ）の有無にかかわらず、
駆動／検出切替信号に基づいて、インクジェットヘッド 1 0 0 の静電アクチ
ュエータ 1 2 0 に駆動信号を入力後、駆動波形生成手段 1 8 1 から吐出異常
検出手段 1 0 a ~ 1 0 e にインクジェットヘッド 1 0 0 との接続を切り替え
5 る。

すべての吐出異常検出手段 1 0 a ~ 1 0 e により、それぞれのインクジェ
ットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e の吐出異常を検出・判定した後、その検出処
理で得られたすべてのインクジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e の判定結果
が、記憶手段 6 2 に出力され、記憶手段 6 2 は、各インクジェットヘッド 1
10 0 0 a ~ 1 0 0 e の吐出異常の有無及び吐出異常の原因を所定の保存領域に
格納する。

このように、この図 2 8 に示すインクジェットプリンタ 1 では、複数のイン
クジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e の各ノズル 1 1 0 に対応して複数の
吐出異常検出手段 1 0 a ~ 1 0 e を設け、それらに対応する複数の切替手段
15 2 3 a ~ 2 3 e によって切替動作を行って、吐出異常検出及びその原因判定
を行っているので、一度にすべてのノズル 1 1 0 について短時間に吐出異常
検出及びその原因判定を行うことができる。

図 2 9 は、複数のインクジェットヘッド 1 0 0 の吐出異常検出のタイミン
グの一例（吐出異常検出手段 1 0 の数がインクジェットヘッド 1 0 0 の数と
20 同じであり、印字データがあるときに吐出異常検出を行う場合）である。こ
の図 2 9 に示すインクジェットプリンタ 1 は、図 2 8 に示すインクジェット
プリンタ 1 の構成に、切替制御手段 1 9 を追加（付加）したものである。本
実施形態では、この切替制御手段 1 9 は、複数の AND 回路（論理積回路）
AND a ~ AND e から構成され、各インクジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0
25 0 e に入力される印字データと、駆動／検出切替信号とが入力されると、対
応する切替手段 2 3 a ~ 2 3 e に H i g h レベルの出力信号を出力するもの

である。

各切替手段 23 a ~ 23 e は、切替制御手段 19 のそれぞれ対応する AND 回路 AND a ~ AND e の出力信号に基づいて、駆動波形生成手段 181 からそれぞれ対応する吐出異常検出手段 10 a ~ 10 e へ、対応するインク
5 ジェットヘッド 100 a ~ 100 e の静電アクチュエータ 120 との接続を切り替える。具体的には、対応する AND 回路 AND a ~ AND e の出力信号が High レベルであるとき、すなわち、駆動／検出切替信号が High レベルの状態に対応するインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e に入力される印字データがラッチ回路 182 b からドライバ 182 c に出力されている
10 場合には、その AND 回路に対応する切替手段 23 a ~ 23 e は、対応するインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e への接続を、駆動波形生成手段 181 から吐出異常検出手段 10 a ~ 10 e に切り替える。

印字データが入力されたインクジェットヘッド 100 に対応する吐出異常検出手段 10 a ~ 10 e により、各インクジェットヘッド 100 の吐出異常
15 の有無及び吐出異常の場合にはその原因を検出した後、その吐出異常検出手段 10 は、その検出処理で得られた判定結果を記憶手段 62 に出力する。記憶手段 62 は、このように入力された（得られた）1 又は複数の判定結果を所定の保存領域に格納する。

このように、この図 29 に示すインクジェットプリンタ 1 では、複数のインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e の各ノズル 110 に対応して複数の
20 吐出異常検出手段 10 a ~ 10 e を設け、それぞれのインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e に対応する印字データがホストコンピュータ 8 から制御部 6 を介して吐出選択手段 182 に入力されたときに、切替制御手段 19 によって指定された切替手段 23 a ~ 23 e のみが所定の切替動作を行って、
25 インクジェットヘッド 100 の吐出異常検出及びその原因判定を行っている
ので、吐出駆動動作をしていないインクジェットヘッド 100 についてはこ

の検出・判定処理を行わ乃至たがって、このインクジェットプリンタ 1 によって、無駄な検出及び判定処理を回避することができる。

図 30 は、複数のインクジェットヘッド 100 の吐出異常検出のタイミングの一例（吐出異常検出手段 10 の数がインクジェットヘッド 100 の数と同じであり、各インクジェットヘッド 100 を巡回して吐出異常検出を行う場合）である。この図 30 に示すインクジェットプリンタ 1 は、図 29 に示すインクジェットプリンタ 1 の構成において吐出異常検出手段 10 を 1 つとし、駆動／検出切替信号を走査する（検出・判定処理を実行するインクジェットヘッド 100 を 1 つずつ特定する）切替選択手段 19 a を追加したものである。

この切替選択手段 19 a は、図 29 に示す切替制御手段 19 に、制御部 6 から入力される走査信号（選択信号）に基づいて、複数のインクジェットヘッド 100 a ～ 100 e に対応する AND 回路 AND a ～ AND e への駆動／検出切替信号の入力を走査する（選択して切り替える）セレクト 191 を追加したものである。この切替選択手段 19 a の走査（選択）順は、シフトレジスタ 182 a に入力される印字データの順、すなわち、複数のインクジェットヘッド 100 の吐出順であってもよいが、単純に複数のインクジェットヘッド 100 a ～ 100 e の順であってもよい。

走査順がシフトレジスタ 182 a に入力される印字データの順である場合、吐出選択手段 182 のシフトレジスタ 182 a に印字データが入力されると、その印字データはラッチ回路 182 b にラッチされ、ラッチ信号の入力によりドライバ 182 c に出力される。印字データのシフトレジスタ 182 a への入力、あるいはラッチ信号のラッチ回路 182 b への入力に同期して、印字データに対応するインクジェットヘッド 100 を特定するための走査信号が切替選択手段 19 a のセレクト 191 に入力され、対応する AND 回路に駆動／検出切替信号が出力される。

その対応するAND回路は、ラッチ回路182bから入力された印字データと、セクタ191から入力された駆動／検出切替信号と論理積演算することにより、Highレベルの出力信号を対応する切替手段23に出力する。そして、切替選択手段19aからHighレベルの出力信号が入力された

5 切替手段23は、対応するインクジェットヘッド100の静電アクチュエータ120への接続を、駆動波形生成手段181から吐出異常検出手段10に切り替える。

吐出異常検出手段10は、印字データが入力されたインクジェットヘッド100の吐出異常を検出し、吐出異常がある場合にはその原因を判定した後

10 、その判定結果を記憶手段62に出力する。そして、記憶手段62は、このように入力された（得られた）判定結果を所定の保存領域に格納する。

また、走査順が単純なインクジェットヘッド100a～100eの順である場合、吐出選択手段182のシフトレジスタ182aに印字データが入力されると、その印字データはラッチ回路182bにラッチされ、ラッチ信号

15 の入力によりドライバ182cに出力される。印字データのシフトレジスタ182aへの入力、あるいはラッチ信号のラッチ回路182bへの入力に同期して、印字データに対応するインクジェットヘッド100を特定するための走査（選択）信号が切替選択手段19aのセクタ191に入力され、対応するAND回路に駆動／検出切替信号が出力される。

20 ここで、切替選択手段19aのセクタ191に入力された走査信号により定められたインクジェットヘッド100に対する印字データがシフトレジスタ182aに入力されたときには、それに対応するAND回路の出力信号がHighレベルとなり、切替手段23は、対応するインクジェットヘッド100への接続を、駆動波形生成手段181から吐出異常検出手段10に切り替える。しかしながら、上記印字データがシフトレジスタ182aに入力

25 されないときには、AND回路の出力信号はLowレベルであり、対応する

切替手段 2 3 は、所定の切替動作を実行しない。

切替手段 2 3 によって切替動作が行われた場合には、上記と同様に、吐出異常検出手段 1 0 は、印字データが入力されたインクジェットヘッド 1 0 0 の吐出異常を検出し、吐出異常がある場合にはその原因を判定した後、その判定結果を記憶手段 6 2 に出力する。そして、記憶手段 6 2 は、このように
5 入力された（得られた）判定結果を所定の保存領域に格納する。

なお、切替選択手段 1 9 a で特定されたインクジェットヘッド 1 0 0 に対する印字データがないときには、上述のように、対応する切替手段 2 3 が切替動作を実行しないので、吐出異常検出手段 1 0 による吐出異常検出処理を
10 実行する必要はないが、そのような処理が実行されてもよい。切替動作が行われずに吐出異常検出処理が実行された場合、吐出異常検出手段 1 0 の判定手段 2 0 は、図 2 6 のフローチャートに示すように、対応するインクジェットヘッド 1 0 0 のノズル 1 1 0 を未吐出ノズルであると判定し（ステップ S 3 0 6）、その判定結果を記憶手段 6 2 の所定の保存領域に格納する。

このように、この図 3 0 に示すインクジェットプリンタ 1 では、図 2 8 又は図 2 9 に示すインクジェットプリンタ 1 とは異なり、複数のインクジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e の各ノズル 1 1 0 に対して 1 つの吐出異常検出手段 1 0 のみを設け、それぞれのインクジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e に対応する印字データがホストコンピュータ 8 から制御部 6 を介して吐出選
15 択手段 1 8 2 に入力され、それと同時に走査（選択）信号により特定されて、その印字データに応じて吐出駆動動作をするインクジェットヘッド 1 0 0 に対応する切替手段 2 3 のみが切替動作を行って、対応するインクジェットヘッド 1 0 0 の吐出異常検出及びその原因判定を行っているので、より効率的にヘッドユニット 3 5 の各インクジェットヘッド 1 0 0 の吐出異常検出及
20 びその原因判定を行うことができる。

また、図 2 8 又は図 2 9 に示すインクジェットプリンタ 1 とは異なり、図

30に示すインクジェットプリンタ1は、吐出異常検出手段10を1つのみ備えていればよいので、図28及び図29に示すインクジェットプリンタ1に比べ、インクジェットプリンタ1の回路構成をスケールダウンすることができるとともに、その製造コストの増加を防止することができる。

- 5 次に、図27～図30に示すプリンタ1の動作、すなわち、複数のインクジェットヘッド100を備えるインクジェットプリンタ1における吐出異常検出処理（主に、検出タイミング）について説明する。吐出異常検出・判定処理（多ノズルにおける処理）は、各インクジェットヘッド100の静電アクチュエータ120がインク滴吐出動作を行ったときの振動板121の残留振動を検出し、その残留振動の周期に基づいて、該当するインクジェットヘッド100に対し吐出異常（ドット抜け、インク滴不吐出）が生じているか否か、ドット抜け（インク滴不吐出）が生じた場合には、その原因が何であるかを判定している。このように、本発明では、インクジェットヘッド100によるインク滴（液滴）の吐出動作が行われれば、これらの検出・判定処理を実行できるが、インクジェットヘッド100がインク滴を吐出するのは、実際に記録用紙Pに印刷（プリント）している場合だけでなく、フラッシング動作（予備吐出あるいは予備的吐出）をしている場合もある。以下、この2つの場合について、吐出異常検出・判定処理（多ノズル）を説明する。

- ここで、フラッシング（予備吐出）処理とは、図1では図示していないキャップの装着時や、記録用紙P（メディア）にインク滴（液滴）がかからない場所において、ヘッドユニット35のすべてのあるいは対象となるノズル110からインク滴を吐出するヘッドクリーニング動作である。このフラッシング処理（フラッシング動作）は、例えば、ノズル110内のインク粘度を適正範囲の値に保持するために、定期的にキャビティ141内のインクを排出する際に実施したり、あるいは、インク増粘時の回復動作としても実施したりされる。さらに、フラッシング処理は、インクカートリッジ31を印

字手段 3 に装着した後に、インクをキャビティ 1 4 1 に初期充填する場合にも実施される。

また、ノズルプレート（ノズル面）1 5 0 をクリーニングするためにワイピング処理（印字手段 3 のヘッド面に付着している付着物（紙粉やごみなど）を、図 1 では図示していないワイパで拭き取る処置）を行う場合があるが、このときノズル 1 1 0 内が負圧になって、他の色のインク（他の種類の液滴）を引込んでしまう可能性がある。そのため、ワイピング処理後に、ヘッドユニット 3 5 のすべてのノズル 1 1 0 から一定量のインク滴を吐出させるためにもフラッシング処理が実施される。さらに、フラッシング処理は、ノズル 1 1 0 のメニスカスの状態を正常に保持して良好な印字を確保するためにも適時に実施され得る。

まず、図 3 1 ～図 3 3 に示すフローチャートを参照して、フラッシング処理時における吐出異常検出・判定処理について説明する。なお、これらのフローチャートは、図 2 7 ～図 3 0 のブロック図を参照しながら説明する（以下、印字動作時においても同様）。図 3 1 は、図 2 7 に示すインクジェットプリンタ 1 のフラッシング動作時における吐出異常検出のタイミングを示すフローチャートである。

所定のタイミングにおいて、インクジェットプリンタ 1 のフラッシング処理が実行されるとき、この図 3 1 に示す吐出異常検出・判定処理が実行される。制御部 6 は、吐出選択手段 1 8 2 のシフトレジスタ 1 8 2 a に 1 ノズル分の吐出データを入力し（ステップ S 4 0 1）、ラッチ回路 1 8 2 b にラッチ信号が入力されて（ステップ S 4 0 2）、この吐出データがラッチされる。そのとき、切替手段 2 3 は、その吐出データの対象であるインクジェットヘッド 1 0 0 の静電アクチュエータ 1 2 0 と駆動波形生成手段 1 8 1 とを接続する（ステップ S 4 0 3）。

そして、吐出異常検出手段 1 0 によって、インク吐出動作を行ったインク

ジェットヘッド100に対して、図24のフローチャートに示す吐出異常検出・判定処理が実行される（ステップS404）。ステップS405において、制御部6は、吐出選択手段182に出力した吐出データに基づいて、図27に示すインクジェットプリンタ1のすべてのインクジェットヘッド100a～100eのノズル110について吐出異常検出・判定処理が終了したか否かを判断する。そして、すべてのノズル110についてこれらの処理が終わっていないと判断されるときには、制御部6は、シフトレジスタ182aに次のインクジェットヘッド100のノズル110に対応する吐出データを入力し（ステップS406）、ステップS402に移行して同様の処理を繰り返す。

また、ステップS405において、すべてのノズル110について上述の吐出異常検出及び判定処理が終わったと判断される場合には、制御部6は、ラッチ回路182bにCLEAR信号を入力し、ラッチ回路182bのラッチ状態を解除して、図27に示すインクジェットプリンタ1における吐出異常検出・判定処理を終了する。

上述のように、この図27に示すプリンタ1における吐出異常検出・判定処理では、1つの吐出異常検出手段10と1つの切替手段23とから検出回路が構成されているので、吐出異常検出処理及び判定処理は、インクジェットヘッド100の数だけ繰り返されるが、吐出異常検出手段10を構成する回路はそれほど大きくならないという効果を有する。

次いで、図32は、図28及び図29に示すインクジェットプリンタ1のフラッシング動作時における吐出異常検出のタイミングを示すフローチャートである。図28に示すインクジェットプリンタ1と図29に示すインクジェットプリンタ1とは回路構成が若干異なるが、吐出異常検出手段10及び切替手段23の数が、インクジェットヘッド100の数に対応する（同じである）点で一致している。そのため、フラッシング動作時における吐出異常

検出・判定処理は、同様のステップから構成される。

所定のタイミングにおいて、インクジェットプリンタ 1 のフラッシング処理が実行されるとき、制御部 6 は、吐出選択手段 1 8 2 のシフトレジスタ 1 8 2 a に全ノズル分の吐出データを入力し（ステップ S 5 0 1）、ラッチ回路 1 8 2 b にラッチ信号が入力されて（ステップ S 5 0 2）、この吐出データがラッチされる。そのとき、切替手段 2 3 a ~ 2 3 e は、すべてのインクジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e と駆動波形生成手段 1 8 1 とをそれぞれ接続する（ステップ S 5 0 3）。

そして、それぞれのインクジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e に対応する吐出異常検出手段 1 0 a ~ 1 0 e によって、インク吐出動作を行ったすべてのインクジェットヘッド 1 0 0 に対して、図 2 4 のフローチャートに示す吐出異常検出・判定処理が並列的に実行される（ステップ S 5 0 4）。この場合、すべてのインクジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e に対応する判定結果が、処理対象となるインクジェットヘッド 1 0 0 と関連付けられて、記憶手段 6 2 の所定の格納領域に保存される（図 2 4 のステップ S 1 0 7）。

そして、吐出選択手段 1 8 2 のラッチ回路 1 8 2 b にラッチされている吐出データをクリアするために、制御部 6 は、CLEAR 信号をラッチ回路 1 8 2 b に入力して（ステップ S 5 0 5）、ラッチ回路 1 8 2 b のラッチ状態を解除して、図 2 8 及び図 2 9 に示すインクジェットプリンタ 1 における吐出異常検出処理及び判定処理を終了する。

上述のように、この図 2 8 及び図 2 9 に示すプリンタ 1 における処理では、インクジェットヘッド 1 0 0 a ~ 1 0 0 e に対応する複数（この実施形態では 5 つ）の吐出異常検出手段 1 0 と複数の切替手段 2 3 とから検出及び判定回路が構成されているので、吐出異常検出・判定処理は、一度にすべてのノズル 1 1 0 について短時間に実行され得るという効果を有する。

次いで、図 3 3 は、図 3 0 に示すインクジェットプリンタ 1 のフラッシン

グ動作時における吐出異常検出のタイミングを示すフローチャートである。
以下同様に、図30に示すインクジェットプリンタ1の回路構成を用いて、
フラッシング動作時における吐出異常検出処理及び原因判定処理について説明する。

- 5 所定のタイミングにおいて、インクジェットプリンタ1のフラッシング処理が実行されるとき、まず、制御部6は、走査信号を切替選択手段19aのセクタ19.1に出力し、この切替選択手段19aにより、最初の切替手段23a及びインクジェットヘッド100aを設定（特定）する（ステップS601）。そして、吐出選択手段182のシフトレジスタ182aに全ノズル分の吐出データを入力し（ステップS602）、ラッチ回路182bにラッチ信号が入力されて（ステップS603）、この吐出データがラッチされる。そのとき、切替手段23aは、インクジェットヘッド100aの静電アクチュエータ120と駆動波形生成手段181とを接続している（ステップS604）。
- 10
- 15 そして、インク吐出動作を行ったインクジェットヘッド100aに対して、図24のフローチャートに示す吐出異常検出・判定処理が実行される（ステップS605）。この場合、図24のステップS103において、セクタ19.1の出力信号である駆動／検出切替信号と、吐出データとがAND回路ANDaに入力され、AND回路ANDaの出力信号がHighレベルとなることにより、切替手段23aは、インクジェットヘッド100aの静電アクチュエータ120と吐出異常検出手段10とを接続する。そして、図24のステップS106において実行される吐出異常判定処理の判定結果が、処理対象となるインクジェットヘッド100（ここでは、100a）と関連付けられて、記憶手段62の所定の格納領域に保存される（図24のステップS107）。
- 20
- 25

ステップS606において、制御部6は、吐出異常検出・判定処理がすべ

てのノズルに対して終了したか否かを判断する。そして、まだすべてのノズルについて吐出異常検出・判定処理が終了していないと判断された場合には、制御部 6 は、走査信号を切替選択手段 19 a のセクタ 19 1 に出力し、この切替選択手段 19 a により、次の切替手段 23 b 及びインクジェットヘッド 100 b を設定（特定）し（ステップ S 607）、ステップ S 603 に移行して、同様の処理を繰り返す。以下、すべてのインクジェットヘッド 100 について吐出異常検出・判定処理が終了するまでこのループを繰り返す。

また、ステップ S 606 において、すべてのノズル 110 について吐出異常検出処理及び判定処理が終了したと判断される場合には、吐出選択手段 182 のラッチ回路 182 b にラッチされている吐出データをクリアするために、制御部 6 は、CLEAR 信号をラッチ回路 182 b に入力して（ステップ S 609）、ラッチ回路 182 b のラッチ状態を解除して、図 30 に示すインクジェットプリンタ 1 における吐出異常検出処理及び判定処理を終了する。

上述のように、図 30 に示すインクジェットプリンタ 1 における処理では、複数の切替手段 23 と 1 つの吐出異常検出手段 10 から検出回路が構成され、切替選択手段 19 a のセクタ 19 1 の走査信号により特定され、吐出データに応じて吐出駆動をするインクジェットヘッド 100 に対応する切替手段 23 のみが切替動作を行って、対応するインクジェットヘッド 100 の吐出異常検出及び原因判定を行っているので、より効率的に各インクジェットヘッド 100 の吐出異常検出及び原因判定を行うことができる。

なお、このフローチャートのステップ S 602 では、シフトレジスタ 182 a にすべてのノズル 110 に対応する吐出データを入力しているが、図 31 に示すフローチャートのように、切替選択手段 19 a によるインクジェットヘッド 100 の走査順に合わせて、シフトレジスタ 182 a に入力する吐

出データを対応する1つのインクジェットヘッド100に入力し、1ノズル110ずつ吐出異常検出・判定処理を行ってもよい。

次に、図34及び図35に示すフローチャートを参照して、印字動作時におけるインクジェットプリンタ1の吐出異常検出・判定処理について説明する。図27に示すインクジェットプリンタ1においては、主に、フラッシング動作時における吐出異常検出処理及び判定処理に適しているので、印字動作時のフローチャート及びその動作説明を省略するが、この図27に示すインクジェットプリンタ1においても印字動作時に吐出異常検出・判定処理が行われてもよい。

図34は、図28及び図29に示すインクジェットプリンタ1の印字動作時における吐出異常検出のタイミングを示すフローチャートである。ホストコンピュータ8からの印刷（印字）指示により、このフローチャートの処理が実行（開始）される。制御部6を介してホストコンピュータ8から印字データが吐出選択手段182のシフトレジスタ182aに入力されると（ステップS701）、ラッチ回路182bにラッチ信号が入力されて（ステップS702）、その印字データがラッチされる。このとき、切替手段23a～23eは、すべてのインクジェットヘッド100a～100eと駆動波形生成手段181とを接続している（ステップS703）。

そして、インク吐出動作を行ったインクジェットヘッド100に対応する吐出異常検出手段10は、図24のフローチャートに示す吐出異常検出・判定処理を実行する（ステップS704）。この場合、各インクジェットヘッド100に対応するそれぞれの判定結果が、処理対象となるインクジェットヘッド100と関連付けられて、記憶手段62の所定の格納領域に保存される。

ここで、図28に示すインクジェットプリンタ1の場合には、切替手段23a～23eは、制御部6から出力される駆動／検出切替信号に基づいて、

インクジェットヘッド 100 a ~ 100 e を吐出異常検出手段 10 a ~ 10 e に接続する（図 24 のステップ S 103）。そのため、印字データの存在しないインクジェットヘッド 100 では、静電アクチュエータ 120 が駆動していないので、吐出異常検出手段 10 の残留振動検出手段 16 は、振動板 121 の残留振動波形を検出しない。一方、図 29 に示すインクジェットプリンタ 1 の場合には、切替手段 23 a ~ 23 e は、制御部 6 から出力される駆動／検出切替信号と、ラッチ回路 182 b から出力される印字データとが入力される AND 回路の出力信号に基づいて、印字データの存在するインクジェットヘッド 100 を吐出異常検出手段 10 に接続する（図 24 のステップ S 103）。

ステップ S 705 において、制御部 6 は、インクジェットプリンタ 1 の印字動作が終了したか否かを判断する。そして、印字動作が終わっていないと判断されるときには、制御部 6 は、ステップ S 701 に移行して、次の印字データをシフトレジスタ 182 a に入力し、同様の処理を繰り返す。また、印字動作が終了したと判断されるときには、吐出選択手段 182 のラッチ回路 182 b にラッチされている吐出データをクリアするために、制御部 6 は、CLEAR 信号をラッチ回路 182 b に入力して（ステップ S 706）、ラッチ回路 182 b のラッチ状態を解除して、図 28 及び図 29 に示すインクジェットプリンタ 1 における吐出異常検出処理及び判定処理を終了する。

上述のように、図 28 及び図 29 に示すインクジェットプリンタ 1 は、複数の切替手段 23 a ~ 23 e と、複数の吐出異常検出手段 10 a ~ 10 e とを備え、一度にすべてのインクジェットヘッド 100 に対して吐出異常検出・判定処理を行っているので、これらの処理を短時間に行うことができる。また、図 29 に示すインクジェットプリンタ 1 は、切替制御手段 19、すなわち、駆動／検出切替信号と印字データとを論理積演算する AND 回路 AND a ~ AND e をさらに備え、印字動作を行うインクジェットヘッド 100

のみに対して切替手段 23 による切替動作を行っているので、無駄な検出を行うことなく、吐出異常検出処理及び判定処理を行うことができる。

次いで、図 35 は、図 30 に示すインクジェットプリンタ 1 の印字動作時における吐出異常検出のタイミングを示すフローチャートである。ホストコンピュータ 8 からの印刷指示により、図 30 に示すインクジェットプリンタ 1 においてこのフローチャートの処理が実行される。まず、切替選択手段 19 a は、最初の切替手段 23 a 及びインクジェットヘッド 100 a を予め設定（特定）しておく（ステップ S801）。

制御部 6 を介してホストコンピュータ 8 から印字データが吐出選択手段 182 のシフトレジスタ 182 a に入力されると（ステップ S802）、ラッチ回路 182 b にラッチ信号が入力されて（ステップ S803）、その印字データがラッチされる。ここで、切替手段 23 a ~ 23 e は、この段階では、すべてのインクジェットヘッド 100 a ~ 100 e と駆動波形生成手段 181（吐出選択手段 182 のドライバ 182 c）とを接続している（ステップ S804）。

そして、制御部 6 は、インクジェットヘッド 100 a に印字データがある場合には、切替選択手段 19 a によって吐出動作後静電アクチュエータ 120 が吐出異常検出手段 10 に接続され（図 24 のステップ S103）、図 24（図 25）のフローチャートに示す吐出異常検出・判定処理を実行する（ステップ S805）。そして、図 24 のステップ S106 において実行される吐出異常判定処理の判定結果が、処理対象となるインクジェットヘッド 100（ここでは、100 a）と関連付けられて、記憶手段 62 の所定の格納領域に保存される（図 24 のステップ S107）。

ステップ S806 において、制御部 6 は、すべてのノズル 110（すべてのインクジェットヘッド 100）について上述の吐出異常検出・判定処理を終了したか否かを判断する。そして、すべてのノズル 110 について上記処

理が終了したと判断される場合には、制御部 6 は、走査信号に基づいて、また最初のノズル 1 1 0 に対応する切替手段 2 3 a を設定し（ステップ S 8 0 8）、すべてのノズル 1 1 0 について上記処理が終了していないと判断される場合には、次のノズル 1 1 0 に対応する切替手段 2 3 b を設定する（ステップ S 8 0 7）。

ステップ S 8 0 9 において、制御部 6 は、ホストコンピュータ 8 から指示された所定の印字動作が終了したか否かを判断する。そして、まだ印字動作が終了していないと判断された場合には、次の印字データがシフトレジスタ 1 8 2 a に入力され（ステップ S 8 0 2）、同様の処理を繰り返す。印字動作が終了したと判断された場合には、吐出選択手段 1 8 2 のラッチ回路 1 8 2 b にラッチされている吐出データをクリアするために、制御部 6 は、CLEAR 信号をラッチ回路 1 8 2 b に入力して（ステップ S 8 1 0）、ラッチ回路 1 8 2 b のラッチ状態を解除して、図 3 0 に示すインクジェットプリンタ 1 における吐出異常検出・判定処理を終了する。

15 以上のように、本発明の液滴吐出装置（インクジェットプリンタ 1）は、振動板 1 2 1 と、振動板 1 2 1 を変位させる静電アクチュエータ 1 2 0 と、内部に液体が充填され、振動板 1 2 1 の変位により、該内部の圧力が変化（増減）されるキャビティ 1 4 1 と、キャビティ 1 4 1 に連通し、キャビティ 1 4 1 内の圧力の変化（増減）により液体を液滴として吐出するノズル 1 1 0 とを有するインクジェットヘッド（液滴吐出ヘッド） 1 0 0 を複数個備え、さらに、これらの静電アクチュエータ 1 2 0 を駆動する駆動波形生成手段 1 8 1 と、複数のノズル 1 1 0 のうちいずれのノズル 1 1 0 から液滴を吐出するかを選択する吐出選択手段 1 8 2 と、振動板 1 2 1 の残留振動を検出し、この検出された振動板 1 2 1 の残留振動に基づいて、液滴の吐出の異常を検出する 1 つ又は複数の吐出異常検出手段 1 0 と、静電アクチュエータ 1 2 0 の駆動による液滴の吐出動作後、駆動／検出切替信号や印字データ、ある

いは走査信号に基づいて、静電アクチュエータ 120 を駆動波形生成手段 181 から吐出異常検出手段 10 に切り替える 1 つ又は複数の切替手段 23 とを備え、一度（並列的）にあるいは順次に複数のノズル 110 の吐出異常を検出することとした。

5 したがって、本発明の液滴吐出装置及び液滴吐出ヘッドの吐出異常検出・判定方法によって、吐出異常検出及びその原因判定を短時間に行うことができるとともに、吐出異常検出手段 10 を含む検出回路の回路構成をスケール
10 ダウンすることができ、液滴吐出装置の製造コストの増加を防止することができる。また、静電アクチュエータ 120 の駆動後、吐出異常検出手段 10 に切り替えて吐出異常検出及び原因判定を行っているので、アクチュエータの駆動に影響を与えることがなく、それによって、本発明の液滴吐出装置のスループットを低下又は悪化させることがない。また、所定の構成要素を備えている既存の液滴吐出装置（インクジェットプリンタ）に、吐出異常検出手段 10 を装備することも可能である。

15 また、本発明の液滴吐出装置は、上記構成と異なり、複数の切替手段 23 と、切替制御手段 19 と、1 つあるいはノズル 110 の数量と対応する複数の吐出異常検出手段 10 とを備え、駆動／検出切替信号及び吐出データ（印字データ）、あるいは、走査信号、駆動／検出切替信号及び吐出データ（印字データ）に基づいて、対応する静電アクチュエータ 120 を駆動波形生成
20 手段 181 又は吐出選択手段 182 から吐出異常検出手段 10 に切り替えて、吐出異常検出及び原因判定を行うこととした。

 したがって、本発明の液滴吐出装置によって、吐出データ（印字データ）が入力されていない、すなわち、吐出駆動動作をしていない静電アクチュエータ 120 に対応する切替手段は切替動作を行わないので、無駄な検出・判定
25 処理を回避することができる。また、切替選択手段 19 a を利用する場合
 には、液滴吐出装置は、1 つの吐出異常検出手段 10 のみを備えていればよ

いので、液滴吐出装置の回路構成をスケールダウンすることができるとともに、液滴吐出装置の製造コストの増加を防止することができる。

次に、本発明の液滴吐出装置におけるインクジェットヘッド１００（ヘッドユニット３５）に対し、吐出異常（ヘッド異常）の原因を解消させる回復
5 処理を実行する構成（回復手段２４）について説明する。図３６は、図１に示すインクジェットプリンタ１の上部から見た概略的な構造（一部省略）を示す図である。この図３６に示すインクジェットプリンタ１は、図１の斜視図で示した構成以外に、インク滴不吐出（ヘッド異常）の回復処理を実行するためのワイパ３００とキャップ３１０とを備える。

10 回復手段２４が実行する回復処理としては、各インクジェットヘッド１００のノズル１１０から液滴を予備的に吐出するフラッシング処理と、後述するワイパ３００（図３７参照）によるワイピング処理と、後述するチューブポンプ３２０によるポンピング処理（ポンプ吸引処理）が含まれる。すなわち、回復手段２４は、チューブポンプ３２０及びそれを駆動するパルスモータと、ワイパ３００及びワイパ３００の上下動駆動機構と、キャップ３１０
15 の上下動駆動機構（図示せず）とを備え、フラッシング処理においてはヘッドドライバ３３及びヘッドユニット３５などが、また、ワイピング処理においてはキャリッジモータ４１などが回復手段２４の一部として機能する。フラッシング処理については上述しているので、以降、ワイピング処理及びポン
20 ピング処理について説明する。

ここで、ワイピング処理とは、ヘッドユニット３５のノズルプレート１５
0（ノズル面）に付着した紙粉などの異物をワイパ３００により拭き取る処理のことをいう。また、ポンピング処理（ポンプ吸引処理）とは、後述するチューブポンプ３２０を駆動して、ヘッドユニット３５の各ノズル１１０か
25 ら、キャビティ１４１内のインクを吸引して排出する処理をいう。このように、ワイピング処理は、上述のようなインクジェットヘッド１００の液滴の

吐出異常の原因の１つである紙粉付着の状態における回復処理として適切な処理である。また、ポンプ吸引処理は、前述のフラッシング処理では取り除けないキャビティ 1 4 1 内の気泡を除去し、あるいは、ノズル 1 1 0 付近のインクが乾燥により又はキャビティ 1 4 1 内のインクが経年劣化により増粘した場合に、増粘したインクを除去する回復処理として適切な処理である。
5 なお、それほど増粘が進んでおらず粘度がそれほど大きくない場合には、上述のフラッシング処理による回復処理も行われ得る。この場合、排出するインク量が少ないので、スループットやランニングコストを低下させずに適切な回復処理を行うことができる。

10 複数のヘッドユニット 3 5 を有する印字手段 3 は、キャリッジ 3 2 に搭載され、2 本のキャリッジガイド軸 4 2 2 にガイドされてキャリッジモータ 4 1 により、図中その上端に備えられた連結部 3 4 を介してタイミングベルト 4 2 1 に連結して移動する。キャリッジ 3 2 に搭載された印字手段 3 は、キャリッジモータ 4 1 の駆動により移動するタイミングベルト 4 2 1 を介して
15 （タイミングベルト 4 2 1 に連動して）主走査方向に移動可能である。なお、キャリッジモータ 4 1 は、タイミングベルト 4 2 1 を連続的に回転させるためのプーリの役割を果たし、他端側にも同様にプーリ 4 4 が備えられている。

また、キャップ 3 1 0 は、ヘッドユニット 3 5 のノズルプレート 1 5 0 （
20 図 5 参照）のキャッピングを行うためのものである。キャップ 3 1 0 には、その底部側面に孔が形成され、後述するように、チューブポンプ 3 2 0 の構成要素である可撓性のチューブ 3 2 1 が接続されている。なお、チューブポンプ 3 2 0 については、図 3 9 において後述する。

記録（印字）動作時には、所定のインクジェットヘッド 1 0 0 （液滴吐出
25 ヘッド）の静電アクチュエータ 1 2 0 を駆動しながら、ヘッドユニット 3 5 （印字手段 3）を主走査方向、すなわち、図 3 6 中左右に移動し、また、記

録用紙 P を副走査方向、すなわち、図 3 6 中下方に移動することにより、インクジェットプリンタ（液滴吐出装置） 1 は、ホストコンピュータ 8 から入力された印刷データ（印字データ）に基づいて所定の画像などを記録用紙 P に印刷（記録）する。

- 5 図 3 7 は、図 3 6 に示すワイパ 3 0 0 とヘッドユニット 3 5 との位置関係を示す図である。この図 3 7 において、ヘッドユニット 3 5 とワイパ 3 0 0 は、図 3 6 に示すインクジェットプリンタ 1 の図中下側から上側を見た場合の側面図の一部として示される。ワイパ 3 0 0 は、図 3 7（a）に示すように、印字手段 3 のノズル面、すなわち、ヘッドユニット 3 5 のノズルプレート 1 5 0 と当接可能なように、上下移動可能に配置される。

ここで、ワイパ 3 0 0 を利用する回復処理であるワイピング処理について説明する。ワイピング処理を行う際、図 3 7（a）に示すように、ノズル面（ノズルプレート 1 5 0）よりもワイパ 3 0 0 の先端が上側に位置するように図示しない駆動装置によってワイパ 3 0 0 は上方に移動される。この場合
15 において、キャリッジモータ 4 1 を駆動して図中左方向（矢印の方向）にヘッドユニット 3 5 を移動させると、ワイピング部材 3 0 1 がノズルプレート 1 5 0（ノズル面）に当接することになる。

なお、ワイピング部材 3 0 1 は可撓性のゴム部材等から構成されるので、図 3 7（b）に示すように、ワイピング部材 3 0 1 のノズルプレート 1 5 0
20 と当接する先端部分は撓み、その先端部によってノズルプレート 1 5 0（ノズル面）の表面をクリーニング（拭き掃除）する。これにより、ノズルプレート 1 5 0（ノズル面）に付着した紙粉などの異物（例えば、紙粉、空気中に浮遊するごみ、ゴムの切れ端など）を除去することができる。また、このような異物の付着状態に応じて（異物が多く付着している場合には）、ヘッ
25 ドユニット 3 5 にワイパ 3 0 0 の上方を往復移動させることによって、ワイピング処理を複数回実施することもできる。

図38は、ポンプ吸引処理時における、ヘッドユニット35と、キャップ310及びポンプ320との関係を示す図である。チューブ321は、ポンピング処理（ポンプ吸引処理）におけるインク排出路を形成するものであり、その一端は、上述のように、キャップ310の底部に接続され、他端は、
5 チューブポンプ320を介して排インクカートリッジ340に接続されている。

キャップ310の内部底面には、インク吸収体330が配置されている。このインク吸収体330は、ポンプ吸引処理やフラッシング処理においてインクジェットヘッド100のノズル110から吐出されるインクを吸収して、
10 、一時貯蔵する。なお、インク吸収体330によって、キャップ310内へのフラッシング動作時に、吐出された液滴が跳ね返ってノズルプレート150を汚すことを防止することができる。

図39は、図38に示すチューブポンプ320の構成を示す概略図である。この図39（B）に示すように、チューブポンプ320は、回転式ポンプ
15 であり、回転体322と、その回転体322の円周部に配置された4つのローラ323と、ガイド部材350とを備えている。なお、ローラ323は、回転体322により支持されており、ガイド部材350のガイド351に沿って円弧状に載置された可撓性のチューブ321を加圧するものである。

このチューブポンプ320は、軸322aを中心にして回転体322を図
20 39に示す矢印X方向に回転させることにより、チューブ321に当接している1つ又は2つのローラ323が、Y方向に回転しながら、ガイド部材350の円弧状のガイド351に載置されたチューブ321を順次加圧する。これにより、チューブ321が変形し、このチューブ321内に発生した負圧により、各インクジェットヘッド100のキャビティ141内のインク（
25 液状材料）がキャップ310を介して吸引され、気泡が混入し、あるいは乾燥により増粘した不要なインクがノズル110を介して、インク吸収体33

0に排出され、このインク吸収体330に吸収された排インクがチューブポンプ320を介して排インクカートリッジ340（図38参照）に排出される。

5 なお、このチューブポンプ320は、図示しないパルスモータなどのモータにより駆動される。パルスモータは、制御部6により制御される。チューブポンプ320の回転制御に対する駆動情報、例えば、回転速度、回転数が記述されたルックアップテーブル、シーケンス制御が記述された制御プログラムなどは、制御部6のPROM64などに格納されており、これらの駆動情報に基づいて、制御部6のCPU61によってチューブポンプ320の制
10 御が行われている。

次に、回復手段24の動作（吐出異常回復処理）を説明する。図40は、本発明のインクジェットプリンタ1（液滴吐出装置）における吐出異常回復処理を示すフローチャートである。上述の吐出異常検出・判定処理（図24のフローチャート参照）において吐出異常のノズル110が検出され、その
15 原因が判定されると、印刷動作（印字動作）などを行っていない所定のタイミングで、ヘッドユニット35が所定の待機領域（例えば、図36においてヘッドユニット35のノズルプレート150をキャップ310で覆う位置、あるいは、ワイパ300によるワイピング処理を実施可能な位置）まで移動されて、吐出異常回復処理が実行される。

20 まず、制御部6は、図24のステップS107において制御部6のEEPROM62に保存された各ノズル110に対応する判定結果を読み出す（ステップS901）。ステップS902において、制御部6は、この読み出した判定結果に吐出異常のノズル110があるか否かを判定する。そして、吐出異常のノズル110がないと判定された場合、すなわち、すべてのノズル
25 110から正常に液滴が吐出された場合には、そのまま、この吐出異常回復処理を終了する。

一方、いずれかのノズル 1 1 0 が吐出異常であったと判定された場合には、ステップ S 9 0 3 において、制御部 6 は、その吐出異常と判定されたノズル 1 1 0 が紙粉付着であるか否かを判定する。そして、そのノズル 1 1 0 の出口付近に紙粉が付着していないと判定された場合には、ステップ S 9 0 5
5 に移行し、紙粉が付着していると判定された場合には、上述のワイパ 3 0 0 によるノズルプレート 1 5 0 へのワイピング処理を実行する（ステップ S 9 0 4）。

ステップ S 9 0 5 において、続いて、制御部 6 は、上記吐出異常と判定されたノズル 1 1 0 が気泡混入であるか否かを判定する。そして、気泡混入で
10 ありと判定された場合には、制御部 6 は、すべてのノズル 1 1 0 に対してチューブポンプ 3 2 0 によるポンプ吸引処理を実行し（ステップ S 9 0 6）、この吐出異常回復処理を終了する。

一方、気泡混入でないと判定された場合には、制御部 6 は、上記計測手段 1 7 によって計測された振動板 1 2 1 の残留振動の周期の長短に基づいて、
15 チューブポンプ 3 2 0 によるポンプ吸引処理又は吐出異常と判定されたノズル 1 1 0 のみもしくはすべてのノズル 1 1 0 に対するフラッシング処理を実行し（ステップ S 9 0 7）、この吐出異常回復処理を終了する。

次に、本発明のインクジェットプリンタ（液滴吐出装置） 1 の要部（特徴）である電源投入（電源 ON）の際の動作（作用）、すなわち、電源投入時
20 の処理について説明する。

このインクジェットプリンタ 1 では、電源が投入されると、振動板 1 2 1 の残留振動を検出し、検出された振動板 1 2 1 の残留振動の周期（振動パターン）に基づいて、インクジェットヘッド 1 0 0 の吐出異常（ヘッド異常）の有無や、その吐出異常の原因を検出し、その吐出異常を解消させる回復処
25 理を選択（決定）する。そして、その選択された回復処理を実行する。

この振動板 1 2 1 の残留振動の検出は、空打ち、すなわち、インク滴（液

滴) を吐出しない程度に静電アクチュエータ 1 2 0 を駆動 (空駆動) して行う。これにより、インクを消費することなく、振動板 1 2 1 の残留振動の検出を行うことができる。すなわち、実際にインク滴を吐出して振動板 1 2 1 の残留振動の検出を行う場合に比べ、この電源投入時の処理 (吐出異常回復
5 処理も含む) におけるインク消費量を低減することができる。また、インク滴が吐出されないので、インクジェットヘッド 1 0 0 が何れの位置に位置していても、前記検出を行うことができる。

このインク滴を吐出しない程度に静電アクチュエータ 1 2 0 を駆動して振動板 1 2 1 の残留振動の検出を行うこと以外の基本的な構成は、前述した通り
10 である。

なお、本発明では、この電源投入時の処理において、例えば、フラッシング等のように、インク滴を吐出する動作 (インク吐出動作) を行って、振動板 1 2 1 の残留振動を検出してもよい。

また、本発明では、この電源投入時の処理の後 (例えば、印字中など) における振動板 1 2 1 の残留振動の検出を、インク滴を吐出しない程度に静電
15 アクチュエータ 1 2 0 を駆動して行ってもよい。

以下、フローチャートに基づいて、具体例を説明する。

図 4 1 は、本発明のインクジェットプリンタ 1 (液滴吐出装置) における電源投入時の処理を示すフローチャート、図 4 2 は、吐出異常 (ヘッド異常
20) 判定処理 (図 4 1 に示すフローチャートのステップ S T 1 0 2 におけるサブルーチンのサブルーチン) を示すフローチャート、図 4 3 は、吐出異常回復処理 (図 4 1 に示すフローチャートのステップ S T 1 0 6 におけるサブルーチン) を示すフローチャートである。

電源が投入されると (電源が ON すると)、図 4 1 に示す処理が実行され
25 、まず、カウンタをリセット、すなわち、カウンタのカウント値 $N_f = 0$ 、 $N_p = 0$ とする (ステップ S T 1 0 1)。なお、カウンタのカウント値 N_f

は、この電源投入時の処理においてフラッシング処理を行った回数であり、また、 N_p は、この電源投入時の処理においてポンプ吸引処理を行った回数である。

次いで、吐出異常検出・判定処理を行う（ステップST102）。この吐出異常検出・判定処理は、基本的には、図24に示す、前述した吐出異常検出・判定処理と同様であるが、振動板121の残留振動の検出をインク滴を吐出しない程度に静電アクチュエータ120を駆動して行う。

この吐出異常検出・判定処理は、例えば、すべてのインクジェットヘッド100（ノズル110）に対して行われてもよく、また、複数のインクジェットヘッド100毎にグループ分けし、各グループ毎に代表のインクジェットヘッド100を設定し、各代表のインクジェットヘッド100に対して行われてもよい。

なお、図24に示す吐出異常検出・判定処理の説明は既になされているので、ここでは、前記ステップST102の吐出異常検出・判定処理のうち、吐出異常（ヘッド異常）判定処理（図24のステップS106の吐出異常判定処理に相当）のみを図42に基づいて説明する。

図42に示すように、まず、計測結果、すなわち、振動板121の残留振動の周期 T_w が判定手段20に入力される（ステップST201）。

次いで、ステップST202において、残留振動の周期 T_w が存在するかどうか、すなわち、吐出異常検出手段10によって残留振動波形データが得られなかったか否かを判定する。残留振動の周期 T_w が存在しないと判定された場合には、そのインクジェットヘッド100は、吐出異常検出処理において、振動板121の残留振動の検出を行っていない未検査ヘッド（未検査ノズル）であり、再検査及び回復処理が必要と判定する（ステップST206）。

また、残留振動波形データが存在すると判定された場合には、続いて、ス

ステップST203において、その周期 T_w が正常吐出時の周期と認められる所定の範囲 T_r 内にあるか否かを判定する。

5 残留振動の周期 T_w が所定の範囲 T_r 内にあると判定された場合には、対応するインクジェットヘッド100は、そのノズル110からインク滴が正常に吐出され得る状態にあることを意味し、そのインクジェットヘッド100は、正常（正常吐出）と判定する（ステップST207）。また、残留振動の周期 T_w が所定の範囲 T_r 内にはないと判定された場合には、続いて、ステップST204において、残留振動の周期 T_w が所定の範囲 T_r よりも短い
10 いか否かを判定する。

10 残留振動の周期 T_w が所定の範囲 T_r よりも短いと判定された場合には、残留振動の周波数が高いことを意味し、上述のように、インクジェットヘッド100のキャピティ141内に気泡が混入しているものと考えられ、そのインクジェットヘッド100のキャピティ141に気泡が混入し（気泡混入）、回復処理が必要と判定する（ステップST208）。

15 また、残留振動の周期 T_w が所定の範囲 T_r よりも長いと判定された場合には、続いて、残留振動の周期 T_w が所定のしきい値 T_1 よりも長い
20 25 いか否かを判定する（ステップST205）。残留振動の周期 T_w が所定のしきい値 T_1 よりも長いと判定された場合には、残留振動が過減衰であると考えられ、そのインクジェットヘッド100のノズル110付近のインクが乾燥により増粘し（乾燥）、回復処理が必要と判定する（ステップST209）。

そして、ステップST205において、残留振動の周期 T_w が所定のしきい値 T_1 よりも短いと判定された場合には、この残留振動の周期 T_w は、 $T_r < T_w < T_1$ を満たす範囲の値であり、上述のように、乾燥よりも周波数
25 ジェットヘッド100のノズル110出口付近に紙粉が付着し（紙粉付着）、回復処理が必要と判定する（ステップST210）。

このように、判定手段 20 によって、対象となるインクジェットヘッド 100 が正常な状態にあるか否かと、吐出異常（ヘッド異常）の状態にある場合にはその吐出異常の原因などが判定されると（ステップ S T 206 ~ S T 210）、その判定結果は、制御部 6 に出力され、この吐出異常判定処理を
5 終了する。

各インクジェットヘッド 100 に対応する判定結果は、処理対象となるインクジェットヘッド 100 と関連付けられて、制御部 6 の E E P R O M（記憶手段）62 の所定の格納領域に記憶される。

図 41 に示すように、このステップ S T 102 の吐出異常検出・判定処理
10 が終了すると、前記 E E P R O M 62 に記憶されている判定結果に基づいて、吐出異常回復処理が必要か否かを判断し（ステップ S T 103）、吐出異常回復処理が必要でない場合、すなわち、インクジェットヘッド 100 が正常である場合には、印字が可能な印字スタンバイ状態となり（ステップ S T 104）、この処理を終了する。

15 一方、吐出異常回復処理が必要である場合には、ポンプ吸引処理の回数を示すカウンタのカウント値 N_p が予め設定されている値 α （ α は自然数）以下（ $N_p \leq \alpha$ ）であるか否かを判断し、 N_p が α 以下の場合は、吐出異常回復処理を実行する（ステップ S T 106）。

この吐出異常回復処理では、図 43 に示すように、まず、前記 E E P R O
20 M 62 に保存された各ノズル 110 又は代表のノズル 110 に対応する判定結果を読み出す（ステップ S T 301）。

次いで、ステップ S T 302 において、この読み出した判定結果が、再検査無（検査済みノズル）であるか否かを判定する。そして、再検査無ではないと判定された場合（ステップ S T 302 で「NO」）、すなわち、再検査
25 が必要（未検査ノズル）と判定された場合は、そのまま、この吐出異常回復処理を終了する。

一方、再検査無ではないと判定された場合（ステップS T 3 0 2で「Y E S」）、すなわち、検査済みであり、吐出異常と判定された場合には、ステップS T 3 0 3において、その吐出異常と判定されたノズル1 1 0が紙粉付着であるか否かを判定する。そして、そのノズル1 1 0の出口付近に紙粉が
5 付着していないと判定された場合には、ステップS T 3 0 5に移行し、紙粉が付着していると判定された場合には、上述のワイパ3 0 0によるノズルプレート1 5 0へのワイピング処理を実行する（ステップS T 3 0 4）。

ステップS T 3 0 5において、続いて、上記吐出異常と判定されたノズル1 1 0が気泡混入であるか否かを判定する。そして、気泡混入であると判定
10 された場合には、チューブポンプ3 2 0によるポンプ吸引処理を実行し、カウンタのカウント値 N_p を1つインクリメントし（ $N_p = N_p + 1$ ）（ステップS T 3 0 6）、この吐出異常回復処理を終了する。

一方、気泡混入でない（乾燥）と判定された場合には、フラッシング処理の回数を示すカウンタのカウント値 N_f が予め設定されている値 β （ β は自然数）以下（ $N_f \leq \beta$ ）であるか否かを判断し（ステップS T 3 0 7）、 N_f が β 以下の場合は、フラッシング処理を実行し、カウンタのカウント値 N_f を1つインクリメントし（ $N_f = N_f + 1$ ）（ステップS T 3 0 8）、この吐出異常回復処理を終了する。
15

このフラッシング処理により吐出異常を解消させることができれば、ポンプ吸引処理を行う場合に比べ、インクの消費量を減少させることができる。
20

また、 N_f が β より大きい場合は、チューブポンプ3 2 0によるポンプ吸引処理を実行し、カウンタのカウント値 N_p を1つインクリメントし（ $N_p = N_p + 1$ ）（ステップS T 3 0 9）、この吐出異常回復処理を終了する。

このように、 N_f が β より大きいとき、すなわち、フラッシング処理を β 回行っても吐出異常が解消されない場合、その吐出異常を解消させる回復処理としてポンプ吸引処理が選択（ポンプ吸引処理に変更）され、実行される
25

。 図 4 1 に示すように、このステップ S T 1 0 6 の吐出異常回復処理が終了すると、ステップ S T 1 0 2 に戻り、再度、ステップ S T 1 0 2 以降が実行される。

- 5 すなわち、まず、ステップ S T 1 0 2 において、吐出異常検出・判定処理を実行し、吐出異常回復処理が必要か否かを判断し（ステップ S T 1 0 3）、吐出異常回復処理が必要でない場合、すなわち、前記吐出異常回復処理により吐出異常が解消し、インクジェットヘッド 1 0 0 が正常になった場合、又は、再検査が必要（未検査ノズル）であり、その再検査の結果、インク
10 ジェットヘッド 1 0 0 が正常と判定された場合は、印字が可能な印字スタンバイ状態となり（ステップ S T 1 0 4）、この処理を終了する。

- 一方、吐出異常回復処理が必要である場合には、ポンプ吸引処理の回数を示すカウンタのカウント値 N_p が α 以下 ($N_p \leq \alpha$) であるか否かを判断し、 N_p が α 以下の場合は、前述した吐出異常回復処理を実行し（ステップ S
15 T 1 0 6）、 N_p が α より大きい場合は、操作パネル 7 の表示部 M に、エラーメッセージを表示し、停止し（ステップ S T 1 0 7）、この処理を終了する。

- すなわち、ポンプ吸引処理を α 回行っても吐出異常が解消されない場合、その吐出異常の解消は、困難であるとし、吐出異常回復処理を行わない。そ
20 して、表示部 M に、例えば、吐出異常が解消されない旨や、修理を促すようなエラーメッセージを表示する。

なお、前記フラッシング処理においては、例えば、下記（１）及び（２）の２つの方法が考えられる。

- （１）各代表のインクジェットヘッド 1 0 0 を検査し、そのうちの 1 つに
25 でもフラッシング処理が必要なインクジェットヘッド 1 0 0 がある場合、すべてのインクジェットヘッド 1 0 0 に対しフラッシング処理を行う。

(2) すべてのインクジェットヘッド100を検査し、フラッシング処理が必要なインクジェットヘッド100に対してのみフラッシング処理を行う。

5 以上述べたように、このインクジェットプリンタ1によれば、電源投入の際の処理において、振動板121の残留振動の周期（振動パターン）に基づいて、吐出異常（ヘッド異常）の有無や、吐出異常の原因を検出（判定）するので、その吐出異常の有無や、吐出異常の原因を確実に検出することができ、吐出異常の原因に応じた適切（最適）な回復処理を行うことができる。これにより、インクジェットプリンタ1を印字可能な正常な状態にすることができるとともに、必要以上のインク消費を防止することができる（排インク量を減少させることができる）。

また、振動板121の残留振動の周期（振動パターン）に基づいて吐出異常の有無や、吐出異常の原因を検出するので、その検出用に、タイマー等の他の装置を別途設ける必要がない。このため、構造が簡易であり、部品点数が減少し、小型化に有利であり、また、コストを低減することができる。

また、このインクジェットプリンタ1では、前記電源投入の際の処理が終了した後（例えば、印字中など）においても、吐出異常の原因を判別することができ、その吐出異常の原因に対応する適切な回復処理（フラッシング処理、ポンプ吸引処理及びワイピング処理のいずれか又は2つ）を実行することができるので、従来の液滴吐出装置におけるシーケンシャルな回復処理とは異なり、回復処理を行った際に発生する無駄な排インクを減らすことができ、それによって、インクジェットプリンタ1全体のスループットの低下又は悪化を防止することができる。

また、従来の吐出異常を検出可能な液滴吐出装置に比べ、他の部品（例えば、光学式のドット抜け検出装置など）を必要としないので、インクジェットヘッド100（ヘッドユニット35）、ひいては、インクジェットプリン

タ 1 全体のサイズを大きくすることなく吐出異常を検出することができるとともに、吐出異常（ドット抜け）検出を行うことができるインクジェットプリンタ 1 の製造コストを低く抑えることができる。

また、インク滴吐出動作後の振動板 1 2 1 の残留振動を用いて吐出異常を
5 検出しているので、印字動作の途中でも吐出異常を検出することができる。

なお、本発明では、報知手段は、前記表示部（表示手段）に限らず、この他、報知手段として、例えば、ランプ等の発光部、ブザーや音声等を発する装置等を用いてもよい。

10 <第 2 実施形態>

次に、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例について説明する。図 4 4～図 4 7 は、それぞれ、インクジェットヘッド（ヘッドユニット）の他の構成例の概略を示す断面図である。以下、これらの図に基づいて説明するが、前述した実施形態と相違する点を中心に説明し、同様の事項につ
15 いてはその説明を省略する。

図 4 4 に示すインクジェットヘッド 1 0 0 A は、圧電素子 2 0 0 の駆動により振動板 2 1 2 が振動し、キャビティ 2 0 8 内のインク（液体）がノズル 2 0 3 から吐出するものである。ノズル（孔）2 0 3 が形成されたステンレス鋼製のノズルプレート 2 0 2 には、ステンレス鋼製の金属プレート 2 0 4
20 が接着フィルム 2 0 5 を介して接合されており、さらにその上に同様のステンレス鋼製の金属プレート 2 0 4 が接着フィルム 2 0 5 を介して接合されている。そして、その上には、連通口形成プレート 2 0 6 及びキャビティプレート 2 0 7 が順次接合されている。

ノズルプレート 2 0 2、金属プレート 2 0 4、接着フィルム 2 0 5、連通
25 口形成プレート 2 0 6 及びキャビティプレート 2 0 7 は、それぞれ所定の形状（凹部が形成されるような形状）に成形され、これらを重ねることにより

、キャビティ 208 及びリザーバ 209 が形成される。キャビティ 208 とリザーバ 209 とは、インク供給口 210 を介して連通している。また、リザーバ 209 は、インク取り入れ口 211 に連通している。

キャビティプレート 207 の上面開口部には、振動板 212 が設置され、
5 この振動板 212 には、下部電極 213 を介して圧電素子（ピエゾ素子）200 が接合されている。また、圧電素子 200 の下部電極 213 と反対側には、上部電極 214 が接合されている。ヘッドドライバ 215 は、駆動電圧波形を生成する駆動回路を備え、上部電極 214 と下部電極 213 との間に
10 駆動電圧波形を印加（供給）することにより、圧電素子 200 が振動し、それに接合された振動板 212 が振動する。この振動板 212 の振動によりキャビティ 208 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 208 内に充填されたインク（液体）がノズル 203 より液滴として吐出する。

液滴の吐出によりキャビティ 208 内で減少した液量は、リザーバ 209 からインクが供給されて補給される。また、リザーバ 209 へは、インク取
15 り入れ口 211 からインクが供給される。

図 45 に示すインクジェットヘッド 100B も前記と同様に、圧電素子 200 の駆動によりキャビティ 221 内のインク（液体）がノズルから吐出するものである。このインクジェットヘッド 100B は、一対の対向する基板 220 を有し、両基板 220 間に、複数の圧電素子 200 が所定間隔をおい
20 て間欠的に設置されている。

隣接する圧電素子 200 同士の間には、キャビティ 221 が形成されている。キャビティ 221 の図 45 中前方にはプレート（図示せず）、後方にはノズルプレート 222 が設置され、ノズルプレート 222 の各キャビティ 221 に対応する位置には、ノズル（孔）223 が形成されている。

25 各圧電素子 200 の一方の面及び他方の面には、それぞれ、一対の電極 24 が設置されている。すなわち、1つの圧電素子 200 に対し、4つの電

極 2 2 4 が接合されている。これらの電極 2 2 4 のうち所定の電極間に所定の駆動電圧波形を印加することにより、圧電素子 2 0 0 がシエアモード変形して振動し（図 4 5 において矢印で示す）、この振動によりキャビティ 2 2 1 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 2 2 1 内に充填されたインク（液体）がノズル 2 2 3 より液滴として吐出する。すなわち、インクジェットヘッド 1 0 0 B では、圧電素子 2 0 0 自体が振動板として機能する。

図 4 6 に示すインクジェットヘッド 1 0 0 C も前記と同様に、圧電素子 2 0 0 の駆動によりキャビティ 2 3 3 内のインク（液体）がノズル 2 3 1 から吐出するものである。このインクジェットヘッド 1 0 0 C は、ノズル 2 3 1 が形成されたノズルプレート 2 3 0 と、スペーサ 2 3 2 と、圧電素子 2 0 0 とを備えている。圧電素子 2 0 0 は、ノズルプレート 2 3 0 に対しスペーサ 2 3 2 を介して所定距離離間して設置されており、ノズルプレート 2 3 0 と圧電素子 2 0 0 とスペーサ 2 3 2 とで囲まれる空間にキャビティ 2 3 3 が形成されている。

圧電素子 2 0 0 の図 4 6 中上面には、複数の電極が接合されている。すなわち、圧電素子 2 0 0 のほぼ中央部には、第 1 電極 2 3 4 が接合され、その両側部には、それぞれ第 2 の電極 2 3 5 が接合されている。第 1 電極 2 3 4 と第 2 電極 2 3 5 との間に所定の駆動電圧波形を印加することにより、圧電素子 2 0 0 がシエアモード変形して振動し（図 4 6 において矢印で示す）、この振動によりキャビティ 2 3 3 の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ 2 3 3 内に充填されたインク（液体）がノズル 2 3 1 より液滴として吐出する。すなわち、インクジェットヘッド 1 0 0 C では、圧電素子 2 0 0 自体が振動板として機能する。

図 4 7 に示すインクジェットヘッド 1 0 0 D も前記と同様に、圧電素子 2 0 0 の駆動によりキャビティ 2 4 5 内のインク（液体）がノズル 2 4 1 から

吐出するものである。このインクジェットヘッド100Dは、ノズル241が形成されたノズルプレート240と、キャビティプレート242と、振動板243と、複数の圧電素子200を積層してなる積層圧電素子201とを備えている。

5 キャビティプレート242は、所定の形状（凹部が形成されるような形状）に成形され、これにより、キャビティ245及びリザーバ246が形成される。キャビティ245とリザーバ246とは、インク供給口247を介して連通している。また、リザーバ246は、インク供給チューブ311を介してインクカートリッジ31と連通している。

10 積層圧電素子201の図47中下端は、中間層244を介して振動板243と接合されている。積層圧電素子201には、複数の外部電極248及び内部電極249が接合されている。すなわち、積層圧電素子201の外表面には、外部電極248が接合され、積層圧電素子201を構成する各圧電素子200同士の間（又は各圧電素子の内部）には、内部電極249が設置さ
15 れている。この場合、外部電極248と内部電極249の一部が、交互に、圧電素子200の厚さ方向に重なるように配置される。

そして、外部電極248と内部電極249との間にヘッドドライバ33より駆動電圧波形を印加することにより、積層圧電素子201が図48中の矢印で示すように変形して（図47中上下方向に伸縮して）振動し、この振動
20 により振動板243が振動する。この振動板243の振動によりキャビティ245の容積（キャビティ内の圧力）が変化し、キャビティ245内に充填されたインク（液体）がノズル241より液滴として吐出する。

液滴の吐出によりキャビティ245内で減少した液量は、リザーバ246からインクが供給されて補給される。また、リザーバ246へは、インクカ
25 ートリッジ31からインク供給チューブ311を介してインクが供給される。

以上のような圧電素子を備えるインクジェットヘッド100A~100Dにおいても、前述した静電容量方式のインクジェットヘッド100と同様に、振動板又は振動板として機能する圧電素子の残留振動に基づき、液滴吐出の異常を検出しあるいはその異常の原因を特定することができる。なお、インクジェットヘッド100B及び100Cにおいては、キャビティに面した位置にセンサとしての振動板（残留振動検出用の振動板）を設け、この振動板の残留振動を検出するような構成とすることもできる。

＜第3実施形態＞

次に、本発明におけるインクジェットヘッドの他の構成例について説明する。図48は、ヘッドユニット100Hの構成を示す斜視図、図49は、図48に示すヘッドユニット100Hの1色のインク（1つのキャビティ）に対応する概略的な断面図である。以下、これらの図に基づいて説明するが、前述した第1実施形態と相違する点を中心に説明し、同様の事項についてはその説明を省略する。

これらの図に示すヘッドユニット100Hは、いわゆる膜沸騰インクジェット方式（サーマルジェット方式）によるもので、支持板410と、基板420と、外壁430及び隔壁431と、天板440とが、図48及び図49中下側からこの順に接合された構成のものである。

基板420と天板440とは、外壁430及び等間隔で平行に配置された複数（図示の例では6枚）の隔壁431を介して所定の間隔をおいて設置されている。そして、基板420と天板440との間には、隔壁431によって区画された複数（図示の例では5個）のキャビティ（圧力室：インク室）432が形成されている。各キャビティ432は、短冊状（直方体状）をなしている。

また、図48及び図49に示すように、各キャビティ432の図49中左

側端部（図４８中上端）は、ノズルプレート（前板）４３３により覆われている。このノズルプレート４３３には、各キャビティ４３２に連通するノズル（孔）４３４が形成されており、このノズル４３４からインク（液状材料）が吐出する。

- ５ 図４８では、ノズルプレート４３３に対しノズル４３４が直線的に、すなわち列状に配置されているが、ノズルの配置パターンはこれに限定されないことは言うまでもない。列状に配置されたこのノズル４３４のピッチは、印刷精度（dpi）等に応じて適宜設定することができる。

10 なお、ノズルプレート４３３を設けず、各キャビティ４３２の図４８中上端（図４９中左端）が開放しており、この開放した開口がノズルとなるような構成のものでもよい。

また、天板４４０には、インク取り入れ口４４１が形成され、該インク取り入れ口には、インク供給チューブ３１１を介して、インクカートリッジ３１に接続されている。なお、図示されていないが、インク取り入れ口４４１
15 とインクカートリッジ３１との間に、ダンパ室（ゴムからなるダンパを備え、その変形により室内の容積が変化する）を設けることもできる。これにより、キャリッジ３２が往復走行する際のインクの揺れやインク圧の変化をダンパ室が吸収し、ヘッドユニット１００Ｈに所定量のインクを安定的に供給することができる。

- 20 支持板４１０、外壁４３０、隔壁４３１、天板４４０及びノズルプレート４３３は、それぞれ、例えばステンレス鋼等の各種金属材料や各種樹脂材料、各種セラミックス等で構成されている。また、基板４２０は、例えば、シリコン等で構成されている。

基板４２０の各キャビティ４３２に対応する箇所には、それぞれ、発熱体
25 ４５０が設置（埋設）されている。各発熱体４５０は、ヘッドドライバ（通電手段）４５２により、それぞれ別個に通電され、発熱する。ヘッドドライ

バ452は、制御部6から入力される印字信号（印字データ）に応じ、発熱体450の駆動信号として例えばパルス状の信号を出力する。

また、発熱体450のキャビティ432側の面は、保護膜（耐キャビテーション膜）451で覆われてる。この保護膜451は、発熱体450がキャ
5 ビティ432内のインクと直接接触するのを防止するために設けられたものである。この保護膜451を設けることにより、発熱体450がインクと接触することによる変質、劣化等を防止することができる。

基板420の各発熱体450の近傍であって、各キャビティ432に対応する箇所には、それぞれ、凹部460が形成されている。この凹部460は
10 、例えばエッチング、打ち抜き等の方法により形成することができる。

凹部460のキャビティ432側を遮蔽するように振動板461が設置されている。この振動板461は、キャビティ432内の圧力（液圧）の変化に追従して図49中の上下方向に弾性変形（弾性変位）する。

振動板461の構成材料や厚さは、特に限定されず、適宜設定される。

15 一方、凹部460の他方の側は、支持板410により覆われており、該支持板410の図49中上面の各振動板461に対応する箇所には、それぞれ、セグメント電極462が設置されている。

振動板461とセグメント電極462とは、所定の間隙距離をおいてほぼ平行に配置されている。振動板461とセグメント電極462との間の間隙
20 距離（ギャップ長 g ）は、特に限定されず、適宜設定される。わずかな間隔距離を隔てて振動板461とセグメント電極462とを配置することにより、平行平板コンデンサを形成することができる。そして、前述したように、振動板461がキャビティ432内の圧力に追従して図49中の上下方向に弾性変形すると、それに応じて振動板461とセグメント電極462と間隙
25 距離が変化し、前記平行平板コンデンサの静電容量 C が変化する。この静電容量 C の変化は、振動板461とセグメント電極462とにそれぞれ導通す

る共通電極 4 7 0 と外部セグメント電極 4 7 1 との電圧差の変化として現れるので、前述したように、これを検出することにより、振動板 4 6 1 の残留振動（減衰振動）を知ることができる。

5 基板 4 2 0 のキャビティ 4 3 2 外には、共通電極 4 7 0 が形成されている。
また、支持板 4 1 0 のキャビティ 4 3 2 外には、外部セグメント電極 4 7 1 が形成されている。

10 セグメント電極 4 6 2、共通電極 4 7 0 及び外部セグメント電極 4 7 1 の構成材料としては、例えば、ステンレス鋼、アルミニウム、金、銅、又はこれらを含む合金等が挙げられる。また、セグメント電極 4 6 2、共通電極 4 7 0 及び外部セグメント電極 4 7 1 は、それぞれ、例えば金属箔の接合、メッキ、蒸着、スパッタリング等の方法により形成することができる。

各振動板 4 6 1 と共通電極 4 7 0 とは、導体 4 7 5 により電氣的に接続され、各セグメント電極 4 6 2 と各外部セグメント電極 4 7 1 とは、導体 4 7 6 により電氣的に接続されている。

15 導体 4 7 5、4 7 6 としては、それぞれ、①金属線等の導線を配設したもの、②基板 4 2 0 又は支持板 4 1 0 の表面に例えば金、銅等の導電性材料よりなる薄膜を形成したもの、あるいは、③基板 4 2 0 等の導体形成部位にイオンドーピング等を施して導電性を付与したもの等が挙げられる。

20 以上のようなヘッドユニット 1 0 0 H は、図 4 9 中の上下方向に複数重ねて（他段に）配置することができる。図 5 0 では、4 色のインク（インクカートリッジ 3 1）を適用した場合におけるノズル 4 3 4 の配置の例を示すが、この場合、複数のヘッドユニット 1 0 0 H を例えば主走査方向に重ねて配置し、それらの前面に 1 枚のノズルプレート 4 3 3 を接合した構成とすることができる。

25 ノズルプレート 4 3 3 上におけるノズル 4 3 4 の配置パターンは、特に限定されないが、図 5 0 に示すように、隣り合うノズル列において、ノズル 4

3 4 が半ピッチずれたように配置することができる。

次に、ヘッドユニット 1 0 0 H の作用（作動原理）について説明する。

ヘッドドライバ 3 3 から駆動信号（パルス信号）が出力されて発熱体 4 5 0 に通電されると、発熱体 4 5 0 は、瞬時に 3 0 0 ℃ 以上の温度に発熱する
5 。これにより、保護膜 4 5 1 上に膜沸騰による気泡（後述する不吐出の原因となるキャビティ内に混入、発生する気泡とは異なる）4 8 0 が発生し、該気泡 4 8 0 は瞬時に膨張する。これにより、キャビティ 4 3 2 内に満たされたインク（液状材料）の液圧が増大し、インクの一部がノズル 4 3 4 から液滴として吐出される。

10 インクの液滴が吐出された直後、気泡 4 8 0 は急激に収縮し、元の状態に戻る。このときのキャビティ 4 3 2 内の圧力変化により振動板 4 6 1 が弾性変形して、次の駆動信号が入力され再びインク滴が吐出されるまでの間、減衰振動（残留振動）を生じる。

振動板 4 6 1 が減衰振動を生じると、それに応じて、振動板 4 6 1 と、これと対向するセグメント電極 4 6 2 との間の静電容量が変化する。この静電容量の変化は、共通電極 4 7 0 と外部セグメント電極 4 7 1 との電圧差の変化として現れるが、これを読み取ることにより、インク滴の不吐出又はその原因を検出、特定することができる。すなわち、ノズル 4 3 4 からインク滴が正常に吐出されたときの共通電極 4 7 0 と外部セグメント電極 4 7 1 との
20 電圧差の変化（静電容量の変化）の様子（パターン）と比較することにより、インク滴が正常に吐出されたか否かを判定することができ、また、インク滴の不吐出の原因毎の様子（パターン）とそれぞれ比較し、特定することにより、インク滴の不吐出の原因を判定することができる。

インク滴の吐出によりキャビティ 4 3 2 内で減少した液量は、インク取り
25 入れ口 4 4 1 から新たなインクがキャビティ 4 3 2 内に供給されて補給される。このインクは、インクカートリッジ 3 1 からインク供給チューブ 3 1 1

内を通過して供給される。

以上、本発明の液滴吐出装置を図示の各実施形態に基づいて説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、液滴吐出ヘッドあるいは液滴吐出装置を構成する各部は、同様の機能を発揮し得る任意の構成のものと置換
5 することができる。また、本発明の液滴吐出装置に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

なお、本発明の液滴吐出装置の液滴吐出ヘッド（上述の実施形態では、インクジェットヘッド100）から吐出する吐出対象液（液滴）としては、特に限定されず、例えば以下のような各種の材料を含む液体（サスペンション
10 、エマルション等の分散液を含む）とすることができる。すなわち、カラーフィルタのフィルタ材料を含むインク、有機EL（Electro Luminescence）装置におけるEL発光層を形成するための発光材料、電子放出装置における電極上に蛍光体を形成するための蛍光材料、PDP（Plasma Display Panel）装置における蛍光体を形成するための蛍光材料、電気泳動表示装置におけ
15 る泳動体を形成する泳動体材料、基板Wの表面にバンクを形成するためのバンク材料、各種コーティング材料、電極を形成するための液状電極材料、2枚の基板間に微小なセルギャップを構成するためのスペーサを構成する粒子材料、金属配線を形成するための液状金属材料、マイクロレンズを形成するためのレンズ材料、レジスト材料、光拡散体を形成するための光拡散材料など
20 である。

また、本発明は、振動板を有する複数の液滴吐出ヘッドを備える、あらゆる方式（形態）の液滴吐出装置に適用することができる。

請求の範囲

1. 駆動回路により駆動されるアクチュエータと、前記アクチュエータの
駆動により変位する振動板とを有し、前記駆動回路によりアクチュエータを
5 駆動し、キャビティ内の液体をノズルから液滴として吐出する複数の液滴吐
出ヘッドを備える液滴吐出装置であって、

- 少なくとも電源投入の際、前記振動板の残留振動を検出し、該検出された
前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴吐出ヘッドの吐
出異常を検出するとともに、その吐出異常を解消させる回復処理を決定する
10 吐出異常検出・回復処理決定手段と、

前記吐出異常検出・回復処理決定手段により決定された回復処理を実行す
る回復手段とを有することを特徴とする液滴吐出装置。

2. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記駆動回路により液滴を
15 吐出しない程度に前記アクチュエータを駆動した際の前記振動板の残留振動
の振動パターンに基づいて、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常を検出すると
ともに、その吐出異常を解消させる回復処理を決定する請求の範囲第1項に記
載の液滴吐出装置。

- 20 3. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記振動板の残留振動の振
動パターンに基づいて、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常の原因を検出する機
能を有する請求の範囲第1項に記載の液滴吐出装置。

4. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記液滴吐出ヘッドの吐出
25 異常が検出された場合、前記液滴吐出ヘッドに対し、その吐出異常の原因に
応じて、前記吐出異常の原因を解消させる回復処理を決定する請求の範囲第

3 項に記載の液滴吐出装置。

5. 前記回復手段は、前記液滴吐出ヘッドのノズルが配列されるノズル面をワイパによりワイピング処理を行うワイピング手段と、前記アクチュエータを駆動して前記液滴吐出ヘッドのノズルから前記液滴を予備的に吐出するフラッシング処理を行うフラッシング手段と、前記液滴吐出ヘッドのノズル面を覆うキャップに接続するポンプによりポンプ吸引処理を行うポンピング手段とを含む請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

10 6. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常の原因が前記キャビティ内への気泡の混入と判定した場合には、その吐出異常を解消させる回復処理として、前記ポンプ吸引処理を選択する請求の範囲第 5 項に記載の液滴吐出装置。

15 7. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常の原因が前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定した場合には、その吐出異常を解消させる回復処理として、少なくとも前記ワイピング処理を選択する請求の範囲第 5 項に記載の液滴吐出装置。

20 8. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常の原因が前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定した場合には、その吐出異常を解消させる回復処理として、前記フラッシング処理又は前記ポンプ吸引処理を選択する請求の範囲第 5 項に記載の液滴吐出装置。

25

9. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記液滴吐出ヘッドの吐出

異常の原因が前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定した場合には、その吐出異常を解消させる回復処理として、前記フラッシング処理を選択する請求の範囲第 5 項に記載の液滴吐出装置。

5 1 0 . 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記フラッシング手段によるフラッシング処理を所定回行っても前記吐出異常が解消されない場合、その吐出異常を解消させる回復処理として、前記ポンプ吸引処理を選択する請求の範囲第 9 項に記載の液滴吐出装置。

10 1 1 . 前記ポンピング手段によるポンプ吸引処理を所定回行っても前記吐出異常が解消されない場合、その情報を報知する報知手段を有する請求の範囲第 5 項に記載の液滴吐出装置。

15 1 2 . 前記振動板の残留振動の振動パターンは、前記残留振動の周期を含む請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

20 1 3 . 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記振動板の残留振動の周期が所定の範囲の周期よりも短いときには、前記キャビティ内に気泡が混入したものと判定し、前記振動板の残留振動の周期が所定の閾値よりも長いときには、前記ノズル付近の液体が乾燥により増粘したものと判定し、前記振動板の残留振動の周期が前記所定の範囲の周期よりも長く、前記所定の閾値よりも短いときには、前記ノズルの出口付近に紙粉が付着したものと判定する請求の範囲第 1 2 項に記載の液滴吐出装置。

25 1 4 . 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、発振回路を備え、前記振動板の残留振動によって変化する静電容量成分に基づいて、該発振回路が発

振する請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

15. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、発振回路を備え、前記振動板の残留振動によって変化する前記アクチュエータの静電容量成分に基づいて、該発振回路が発振する請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

16. 前記発振回路は、前記アクチュエータの静電容量成分と、前記アクチュエータに接続される抵抗素子の抵抗成分とによる CR 発振回路を構成する請求の範囲第 15 項に記載の液滴吐出装置。

10

17. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記発振回路の出力信号における発振周波数の変化に基づいて生成される所定の信号群により、前記振動板の残留振動の電圧波形を生成する F/V 変換回路を含む請求の範囲第 15 項に記載の液滴吐出装置。

15

18. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記 F/V 変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形を所定の波形に整形する波形整形回路を含む請求の範囲第 17 項に記載の液滴吐出装置。

20 19. 前記波形整形回路は、前記 F/V 変換回路によって生成された前記振動板の残留振動の電圧波形から直流成分を除去する DC 成分除去手段と、この DC 成分除去手段によって直流成分を除去された電圧波形と所定の電圧値とを比較する比較器とを含み、該比較器は、該電圧比較に基づいて、矩形波を生成して出力する請求の範囲第 18 項に記載の液滴吐出装置。

25

20. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段は、前記波形整形回路によっ

て生成された前記矩形波から前記振動板の残留振動の周期を計測する計測手段を含む請求の範囲第 19 項に記載の液滴吐出装置。

21. 前記計測手段は、カウンタを有し、該カウンタが基準信号のパルスをカウントすることによって、前記矩形波の立ち上がりエッジ間あるいは立ち上がりエッジと立ち下がりエッジの間の時間を計測する請求の範囲第 20 項に記載の液滴吐出装置。

22. 前記アクチュエータは、静電式アクチュエータである請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

23. 前記アクチュエータは、圧電素子のピエゾ効果を利用した圧電アクチュエータである請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

24. 前記アクチュエータは、通電により発熱する発熱体を備える膜沸騰式アクチュエータである請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

25. 前記振動板は、前記キャピティ内の圧力の変化に追従して弾性的に変形する請求の範囲第 24 項に記載の液滴吐出装置。

20

26. 前記吐出異常検出・回復処理決定手段によって検出された前記吐出異常の原因を検出対象の液滴吐出ヘッドと関連付けて記憶する記憶手段を備える請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

27. 前記液滴吐出装置は、インクジェットプリンタを含む請求の範囲第 1 項に記載の液滴吐出装置。

要 約 書

本発明は、電源投入の際の液滴吐出ヘッドの回復処理において、容易かつ確実に、適正な回復処理を行うことができる液滴吐出装置を提供することを
5 目的とする。本発明の液滴吐出装置は、駆動回路により駆動されるアクチュエータと、前記アクチュエータの駆動により変位する振動板とを有し、前記駆動回路によりアクチュエータを駆動し、キャビティ内の液体をノズルから液滴として吐出する複数の液滴吐出ヘッドを備える液滴吐出装置であって、
10 少なくとも電源投入の際、前記振動板の残留振動を検出し、該検出された前記振動板の残留振動の振動パターンに基づいて、前記液滴吐出ヘッドの吐出異常を検出するとともに、その吐出異常を解消させる回復処理を決定する吐出異常検出・回復処理決定手段と、前記吐出異常検出・回復処理決定手段により決定された回復処理を実行する回復手段とを有することを特徴とする。